

Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Handlungsalternativen im internationalen Kleinbergbau

Der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau

der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

eingereichte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

Dr.-Ing.,

vorgelegt.

von M.Sc., Elisabeth Griebel

geboren am 09.08.1983 in Cottbus

Gutachter: Herr Prof. Carsten Drebenstedt, Freiberg
Herr Prof. Horst Brezinski, Freiberg
Herr Dr. Felix Hruschka, Leoben/Österreich
Herr Dr. Martin Wedig, Berlin

Tag der Verleihung: 10.04.2014

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Promotionsstudentin am Institut für Bergbau und Spezialtiefbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Hiermit möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

An erster Stelle bedanke ich mich bei meinem Doktorvater und Dekan der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau Herrn Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, für seine wertvollen Hinweise und die anregenden Diskussionen die entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Horst Brezinski danke ich für die Übernahme der Gutachtertätigkeit. Bei den Herren Dr.-Ing. Felix Hruschka und Herr Dr.-Ing. Martin Wedig bedanke ich mich für die Bereitschaft eine Stellungnahme für diese wissenschaftliche Arbeit abzugeben.

Bedanken möchte ich mich für die finanzielle Förderung während der Entstehung dieser Industriepromotion bei den Projektpartnern; Technische Universität Bergakademie Freiberg, G.U.B. Ingenieur AG und Sächsische Aufbaubank-Förderbank, Europäischer Sozialfonds (EFS).

Für die wertvolle Hilfe bei der Programmierung des Expertensystems gilt mein Dank Herrn Prof. Helmar Seidel und Herrn Martin Hauschild von der Westsächsische Hochschule Zwickau, Lehrstuhl für Informatik.

Mein besonderer Dank gilt Frau Anna Hilkens Zambrana, Frau Ophelia Kaba und Frau Dashdavaa Altansetseg für die Unterstützung als kulturelle Botschafter, Tourguides und Übersetzer während meiner Studienreisen nach Bolivien, Ghana und in die Mongolei.

Des Weiteren bedanke ich mich bei den Mitarbeitern des Instituts für Bergbau und Spezialtiefbau für ein angenehmes und konstruktives Arbeitsklima.

Danken möchte ich auch meiner Familie und meinem Lebenspartner, die mich bei meinen Plänen und Vorhaben unterstützt und gefördert haben.

Versicherung

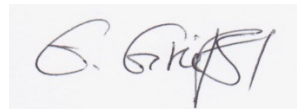
Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Weitere Personen waren an der Abfassung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für die Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Freiberg, 09. Dezember 2013

.....
Ort, Datum



.....
Unterschrift

Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Hand- lungsalternativen im internationalen Kleinbergbau

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Kapitel 1 Aktualität und Bedeutung des Themas	1
1.1 Einleitung in die Thematik	1
1.2 Definition Kleinbergbau	4
1.2.1 Vorbemerkungen	4
1.2.2 Definitionsansätze	6
1.2.3 Zusammenfassung	11
1.3 Abgrenzung zum industriellen Bergbau	11
1.4 Chancen und Probleme des Kleinbergbaus	12
1.4.1 Überblick	12
1.4.2 Ist-Situation und Perspektiven	13
1.5 Idee der Arbeit	14
Kapitel 2 Stand der Technik und des Wissens	16
2.1 Charakteristika des aktiven Kleinbergbaus	16
2.1.1 Territoriale Einteilung	16
2.1.2 Einteilung nach Abbauarten	17
2.1.3 Einteilung nach Rohstoffarten	20
2.1.4 Hauptakteure im Kleinbergbau	24
2.1.5 Illegaler Kleinbergbau als Thema in der internationalen Politik	29
2.1.6 Aktuelle Entwicklungsphänomene im Zusammenhang mit illegalem Kleinbergbau	32
2.2 Haupteinflussfaktoren des illegalen Kleinbergbaus in Entwicklungs- und Schwellenländern	34
2.2.1 Detaillierte Darstellung anhand von Einflussfaktoren	34

2.2.2	Einflussfaktor – Politik	38
2.2.3	Einflussfaktor – Recht	40
2.2.4	Einflussfaktor – Wirtschaft	42
2.2.5	Einflussfaktor – Technik	48
2.2.6	Einflussfaktor – Umwelt	50
2.2.7	Einflussfaktor – Arbeitsschutz	55
2.2.8	Einflussfaktor – Soziales	57
2.3	Bedeutung der Arbeit für die Thematik internationaler Kleinbergbau	60
2.3.1	Systematisierung des vorhandenen Wissens	60
2.3.2	Zielstellung und Aufgaben der Arbeit	64

Kapitel 3 Methodik - Erarbeitung, Darstellung und Bewertung von Handlungsalternativen67

3.1	Forschungsstrategie	67
3.2	Teufelskreise im Kleinbergbau	70
3.2.1	Vorbemerkungen	70
3.2.2	Teufelskreise nach Einflussfaktoren	72
3.2.3	Übersichtsmatrix Teufelskreise und Lösungsmaßnahmen	100
3.2.4	Zeitfaktor und Wirkungsgrad der Lösungsmengen	102
3.3	Definition, Arbeitsweise und Nutzung eines Expertensystems	103
3.3.1	Grundlagen	103
3.3.2	Aufbau	104
3.3.3	Arten und Auswahl eines speziellen Expertensystemtyps für die Thematik dieser Arbeit	107

Kapitel 4 Umsetzung - Entwicklung eines Expertensystems zur Thematik Kleinbergbau111

4.1	Hintergrund und Funktionsweise der Software d3web	111
4.1.1	Einführung	111
4.1.2	Softwareanbieter	111
4.1.3	Systemanforderung	112
4.1.4	Softwareaufbau	112
4.1.5	Programmierung	114
4.1.6	Interaktive Werkzeuge im Expertensystem	114
4.2	Anordnung und Verarbeitung der Datensammlung	115
4.2.1	Allgemeiner Aufbau des Expertensystems	115
4.2.2	Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion I	117
4.2.3	Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion II	122
4.2.4	Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion III	125

Kapitel 5	Praktische Anwendungsbeispiele	131
5.1	Untersuchung auf Anwendbarkeit von Funktion III des Expertensystems	131
5.2	Anwendungsbeispiel 1: Kleinbergbauland Zentralafrikanische Republik	131
5.3	Anwendungsbeispiel 2: Kleinbergbauland Ghana	133
Kapitel 6	Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick	138
6.1	Überprüfung der Zielstellung der Arbeit	138
6.2	Zusammenfassende Diskussion	138
6.3	Schlussfolgerungen für weiteren Handlungsbedarf	139
6.3.1	Verfolgung der Entwicklung im internationalen Kleinbergbau	139
6.3.2	Aktualisierung und Vervollkommnung der Datensammlung und der Expertensystemsoftware	139
6.3.3	Anpassung durch Anwendergruppen	141
	Quellenverzeichnis	143

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kleinbergbau in der Antike um 600 v.u.Z. und in Bolivien im 14. Jh. (a: Rebrik, 1987, b: Lamina Educativa, 2000)	1
Abbildung 2: Preisentwicklung ausgesuchter Nichteisenmetalle (Kümpel et al., 2011)	2
Abbildung 3: Preisentwicklung der Edelmetalle (Scheyder, 2011)	3
Abbildung 4: Entwicklung Goldpreis und Anzahl der Kleinbergleute (Bailey, 2010)	3
Abbildung 5: Zahlen zu KMU-Bergbauunternehmen in Deutschland (nach Kless et al., 2008)	5
Abbildung 6: Legalitätswaage (nach Hentschel et al., 2003)	7
Abbildung 7: Rahmenbedingungen bei Entwicklung von Projekten der Rohstoffgewinnung (nach Priester, 1997)	13
Abbildung 8: Schema zur Idee dieser Arbeit (Grießl; Drebenstedt, 2013)	15
Abbildung 9: Kleinbergbauregionen weltweit (Wall, 2010)	17
Abbildung 10: Gegenüberstellung idealtypische Darstellung eines Tagebaus und Beispiel in der Kleinbergbaupraxis (a: Drebenstedt, 2013 / b: eigenes Foto Ghana, 2012)	18
Abbildung 11: Schema Seifenlagerstätte und Abbaubeispiel im Kleinbergbau (a: Drebenstedt, 2008 /b: eigenes Foto Dunkwa/Ghana, 2012)	19
Abbildung 12: Tiefbaumodell mit Kleinbergbaubeispiel (a: nach K+S, 2013, b,c: eigene Fotos Potosí/Bolivien, 2011)	19
Abbildung 13: Staatliche Rolle im informellen Kleinbergbau (nach Hentschel, 2003)	25
Abbildung 14: Arbeiten von Kleinbergbautreibenden (nach Eftimie, 2012)	27
Abbildung 15: Marktchancen für deutsche Unternehmen (Priester, 2010)	28
Abbildung 16: Wertschöpfungskette Konfliktminerale (nach Enough Project Team et al., 2009)	33
Abbildung 17: Wechselbeziehungen Kleinbergbau und Umfeld (nach Priester et al., 1993)	34
Abbildung 18: Teufelskreis im Kleinbergbau (nach Wall et al., 2010)	35
Abbildung 19: Dilemma der Bergbaubehörden (nach Nötstaller, 1995)	36
Abbildung 20: Dilemma der Kleinbergleute (nach Nötstaller, 1995)	37
Abbildung 21: Lösung der Dilemmasituation (nach Nötstaller, 1995)	37
Abbildung 22: Beziehungsmodell (nach Stewart, 1989)	43
Abbildung 23: unterbewertete Rohstoffpreise (nach Nötstaller et al., 1995)	44
Abbildung 24: zertifizierte Handelskette für Rohstoffe (Kümpel et al., 2011)	46

Abbildung 25: Logo für fair gehandeltes Gold aus Entwicklungsländern (Alliance for Responsible Mining, 2010)	47
Abbildung 26: Modell zum umweltfreundlichen Kleinbergbau (nach Kakar et al, 2005)	52
Abbildung 27: Umwelteinflüsse durch Goldabbauverfahren bei Seifenlagerstätten (nach Wotruba et al., 2000)	53
Abbildung 28: Umwelteinflüsse durch Aufbereitungsverfahren von Gold (nach Wotruba et al., 2000)	54
Abbildung 29: Ablauf gegen Kinderarbeit (nach ILO, 2004)	59
Abbildung 30: Muster Darstellung Teufelskreis	71
Abbildung 31: Standortproblematik	72
Abbildung 32: parallele Politikstrukturen	74
Abbildung 33: Geschäftemacher im Kleinbergbau	76
Abbildung 34: Konfliktminerale	77
Abbildung 35: ungeregelte Organisationsform ohne Interessenvertretung	79
Abbildung 36: Konflikt zwischen Groß- und Kleinbergbau	80
Abbildung 37: fehlende Rechtsgrundlage und Kontrollmechanismus	82
Abbildung 38: illegaler Rohstoffverkauf	83
Abbildung 39: Fehleinschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung	84
Abbildung 40: Finanzierungsproblematik	86
Abbildung 41: Transparenzdefizit und Korruption	87
Abbildung 42: veraltete Technik und geringe Mechanisierung	89
Abbildung 43: sinkender Beschäftigungsgrad durch steigende Technisierung	90
Abbildung 44: fehlende Umweltschutzstandards und -aufklärung	92
Abbildung 45: fehlende Arbeitsschutzstandards und -aufklärung	94
Abbildung 46: Kinderarbeit	95
Abbildung 47: Frauenarbeit	97
Abbildung 48: Fachkräftemangel	98
Abbildung 49: Vier-Felder-Diagramm	102
Abbildung 50: Aufbau der Datensammlung (nach Dittmann et al., 2005)	104

Abbildung 51: Aufbau und Funktionsweise eines Expertensystems (Zabel, 2000)	105
Abbildung 52: Struktur eines Entscheidungsbaumes (Puppe, 1996)	106
Abbildung 53: Software-Logo (Belly, 2013)	111
Abbildung 54: Wissensmodellierung – Erstellen von Regeln, Lösungen, Fragen	113
Abbildung 55: Diagnose-Panel	114
Abbildung 56: weitere Funktionsfelder	115
Abbildung 57: Logo Expertensystem beidseitige Ansicht	115
Abbildung 58: Darstellung des Hauptmenüs im Expertensystem	116
Abbildung 59: Auswahl der Funktion I	117
Abbildung 60: Darstellung allgemeiner Informationen zum Kleinbergbau	118
Abbildung 61: Darstellung wirtschaftlicher Kennziffern im Kleinbergbau	118
Abbildung 62: Darstellung Einflussfaktoren im Kleinbergbau	119
Abbildung 63: Darstellung Einflussfaktor Wirtschaft	119
Abbildung 64: Darstellung Kleinbergbauländer	120
Abbildung 65: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Landesinformationen	121
Abbildung 66: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Wirtschaft	122
Abbildung 67: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Geologie- und Rohstoffkarten	122
Abbildung 68: Auswahl der Funktion II	123
Abbildung 69: Auswahl des Problemfeldes Arbeitsschutz	124
Abbildung 70: Beispiel einer konkreten Problemsituation mit Erklärung	124
Abbildung 71: Lösungsmöglichkeit und Erläuterung	125
Abbildung 72: Definition Kleinbergbauaktivitäten	126
Abbildung 73: Definition Kleinbergbauland	126
Abbildung 74: Abfrage zum Schwerpunkt Recht	128
Abbildung 75: Abfrage zum Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz	129
Abbildung 76: Abfrage zum Schwerpunkt Bildung	130
Abbildung 77: Fragen zur Kleinbergbaulagerstätte und Informationen im Diagnosepanel	132
Abbildung 78: Fragen zum Bergbauland und Ausschlussinformation im Diagnosepanel	133

Abbildung 79: Fragen zur Kleinbergbaulagerstätte und dem Kleinbergbauland mit Diagnosepanel	134
Abbildung 80: Fragen zum Schwerpunkt Recht mir Diagnosepanel	135
Abbildung 81: Fragen zum Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz mit Diagnosepanel	136
Abbildung 82: Fragen zum Schwerpunkt Bildung mit Diagnosepanel	137

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	geographische und ökonomische Unterscheidungskriterien in Entwicklungsländern (Hauser, 1991)	6
Tabelle 2:	Klassifizierung des Kleinbergbaus nach Fördermenge in Tonnen (t) (nach McDevitt et al., 1993; Hagen, 1995; Jaques, 2005; Aryee B.N.A., 20003, Hilson, 2003; Avila, 2003)	9
Tabelle 3:	Überblick Metallische Rohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)]	21
Tabelle 4:	Anteil Kleinbergbau an Weltproduktion verschiedener Metalle (nach IMCC, 2012)	21
Tabelle 5:	Überblick Nichtmetallische Rohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)	22
Tabelle 6:	Diamantenproduktion im Kongo (DDI, 2011)	22
Tabelle 7:	Energierohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)	23
Tabelle 8:	Entwicklung der Kohlenproduktion im Kleinbergbau in China (nach Tu, 2010)	23
Tabelle 9:	wichtige Förder- und Finanzierungsorganisationen (nach Priester, 2010)	26
Tabelle 10:	Entwicklung der internationalen Kleinbergbaupolitik (nach Hentschel, 2003)	29
Tabelle 11:	Internationale Regierungskonferenzen zum Kleinbergbau	30
Tabelle 12:	Umweltprobleme nach Kleinbergbauprozessen (nach Henschel et al., 2003)	51
Tabelle 13:	Gefährdungsfaktoren im Kleinbergbau (nach BAuA, 2012; Walle, 2001; Walle, 2007)	55
Tabelle 14:	Arten der Kinderarbeit und Lösungsansätze (nach ILO, 2004)	58
Tabelle 15:	Auswahl der wichtigsten Literaturquellen dieser Arbeit zum Thema Kleinbergbau	61
Tabelle 16:	Zusammenfassung und Gegenüberstellung von XPS 1 und XPS 2	64
Tabelle 17:	Vor- und Nachteile der Leitfadeninterviews	68
Tabelle 18:	Vor- und Nachteile der Interviewfragebögen	69
Tabelle 19:	Gewichtung der Teufelskreise und Lösungsmaßnahmen	101
Tabelle 20:	Erläuterungen zum Vier-Felder-Diagramm	102
Tabelle 21:	Unterscheidung nach Wissensarten (nach Puppe 1991)	108
Tabelle 22:	Unterscheidung nach Anwendungsarten (nach Puppe 1991)	108
Tabelle 23:	Übersichtstabelle Softwarevergleich diagnostische Expertensysteme (Giarratano, 2007; Belly, 2013; Exsys Corvid 2012, Vanguard Software Cooperation, 2009)	110

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
ADB	Asian Development Bank
AG	Arbeitsgruppe
AGC	Artisanal Gold Council (Rat zu Kleinbergbau auf Gold)
AfDB	African Development Bank
ARM	Association of Responsible Mining (Vereinigung für verantwortungsvollen Bergbau)
ASM	Artisanal and Small Scale Mining (Kleinst- und Kleinbergbau)
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
CAD	Computer-Aided Design
CAMMA	Conferencia Anual de Ministros de Minería de las Américas (jährliche Konferenz der Bergbauminister von Nord-, Mittel und Südamerika)
CASM	Community of Artisanal and Small Scale Mining (Gemeinschaft für Kleinst- und Kleinbergbau)
CDB	Caribbean Development Bank (Karibische Entwicklungsbank)
CESMAT	Centre d'Etudes Supérieures des Matières Premières (Hochschulzentrum für Rohstoffe)
CORDIS	Community Research and Development Information Service
CSS	Cascading Style Sheets
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
DDI	Diamond Development Initiative (Initiative zur Entwicklung des Diamantenbergbaus)
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DRC	Demokratische Republik Kongo
ECOWAS	Economic Community of West African States (Wirtschaftsgemeinschaft westafrikanischer Staaten)
EITI	Extractive Industries Transparency Initiative (Initiative zur Transparenz der Rohstoffgewinnungsindustrie)
EU	Europäische Union
FARC	Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (Revolutionäre Streitkräfte Kolumbiens)
FO	Förderungsorganisation
G8	Gruppe der Acht wichtigsten Industrienationen
GIS	Geoinformationssystem
GNASSM	Ghana National Association of Small Scale Miners (Nationaler Ghanaischer Verein der Kleinbergleute)

GNU	General Public License
GPS	Global Positioning System
GTZ / GIZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit / heute GIZ –Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
HgEx	Expertensystem Quecksilber
HTML	Hypertext-Markup Language
ICMM	International Council on Minerals and Mining (Internationaler Rat für Minerale und Bergbau)
ID	Identität
IDB	Inter-American Development Bank
iKBB	internationaler Kleinbergbau
ILO	International Labour Organisation (Internationale Arbeitsorganisation)
IPEC	International Programme on the Elimination of Child Labour (Internationales Programm zur Eliminierung von Kinderarbeit)
IT	Informationstechnik
KI	Künstliche Intelligenz
KMUs	kleine und mittelständige Unternehmen
KnowWE	Knowledge Wiki Environment
LLC	Limited Liability Company (US-amerikanische Kapitalgesellschaft)
LSM	Large Scale Mining (Großbergbau)
M.Sc.	Master of Science
Pu	Privatunternehmen
ProKEt	Prototyping and Knowledge Systems Engineering tool
RFID	Radio-Frequenzy Idendification (Identifizierung mittels elektromagnetischer Wellen)
S	Staat
SDC	Swiss Agency for Development and Cooperation (Schweizer Organisation für Entwicklung und Kooperation)
SMS	Short Message Service
UNCSD	United Nations Commission of Sustainable Development
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
UNDP	United Nations Development Program
UNEP	United Nation Environment Program
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNO	United Nations (Vereinte Nationen)
USA / US	United States of America / United States
USBM	United States Bureau of Mines
WWF	World Wide Fund for Nature
XML	Extensible Markup Language

Kapitel 1 Aktualität und Bedeutung des Themas

1.1 Einleitung in die Thematik

Der Bergbau ist einer der ältesten und traditionsreichsten Industriezweige unserer Entwicklungsgeschichte. „Seit 9000 Jahren befasst sich der Mensch [...] mit den metallischen Bodenschätzen der Erde.“ (Wilsdorf, 1987). In diesem Kontext beschreibt Wilsdorf in seinem Buch „Montanwesen eine Kulturgeschichte“, dass die ökonomische, technische, soziale sowie kulturelle Ausstrahlung der Montanindustrie einen wesentlichen Einfluss auf das Denken und Handeln der Menschen hatte und noch immer hat. Weltweit wurden auf Grundlage von Rohstoffunden Regionen erschlossen und besiedelt, Volkskulturen und Traditionen gegründet und aufgebaut sowie neue direkt und indirekt in Verbindung stehende Innovationen und Wirtschaftszweige geschaffen. Bereits die hochentwickelte Zivilisation der Antike war sich der Rolle der Rohstoffe als Entwicklungstreiber der Gesellschaft und der Produktivkräfte stark bewusst (Abb. 1a). Ein weiteres bekanntes Beispiel sind die Inkakulturen im südamerikanischen Hochland der Länder Bolivien, Peru, Argentinien und Chile (Abb. 1b). Diese Bergbautreibenden hatten bereits ihre Arbeiten in Explorations-, Abbau-, Aufbereitungs- und Verhüttungstätigkeiten kategorisiert. Ihnen waren metallurgische Technologien zur Konzentration der Edelmetalle Gold und Silber und der Leichtmetalle Kupfer und Zinn bekannt. Sie hatten sogar bereits das Wissen Legierungen herzustellen und mit Quecksilber zu amalgamieren (Schorn, 2012).

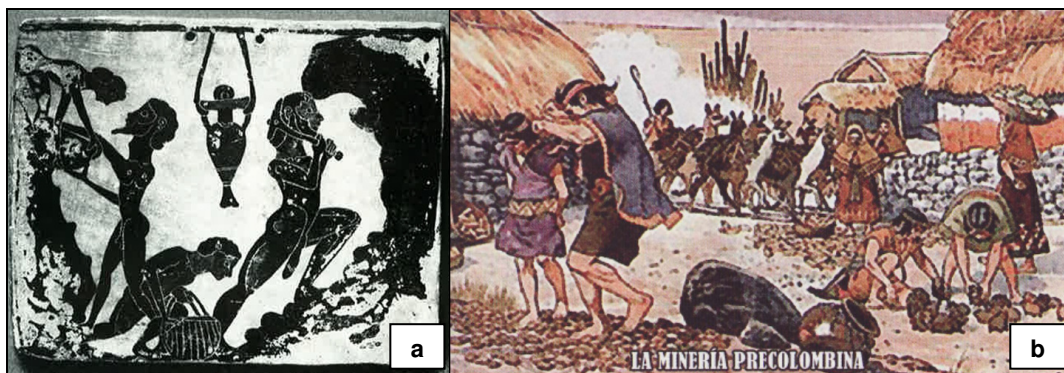


Abbildung 1: Kleinbergbau in der Antike um 600 v.u.Z. und in Bolivien im 14. Jh. (a: Rebrik, 1987, b: Lamina Educativa, 2000)

Die Produktionsform des Kleinbergbaus stellt den Ursprung der weltweiten Rohstoffgewinnung dar. Bis zum Anfang des letzten Jahrhunderts wurde die Gesellschaft auf diese Weise mit den notwendigen Ressourcen unter Verwendung primitiver Werkzeuge und unter gefährlichen Gesundheits- und Sicherheitsbedingungen versorgt (McDivitt, 1993). Die Bergbauindustrie hat sich sukzessive weiterentwickelt. Im Zuge der Industrialisierung haben Entwicklungs- und Innovationszyklen entlang der gesamten Wertschöpfungskette stattgefunden. Unter anderem wurden hinsichtlich Mechanisierungs- und Technisierungsgrad, Abbau- und Aufbereitungsprozessen, Betriebsorganisation sowie der Ausbildung von Bergleuten bahnbrechende Veränderungen erzielt. Dennoch ist der Kleinbergbau bis heute als wichtiges Arbeitsgebiet vor allem in

Entwicklungs- und Schwellenländern zu finden. Laut einer Statistik der Weltbankgruppe sind global 15 Mio. Menschen in diesem Industriezweig direkt beschäftigt und etwa 100 Mio. sind indirekt davon abhängig (Wall, 2010). Andere Bergbaustatistiken, die auf Recherchen des Mining Magazins, des US Bureau of Mines oder des BGR Hannover zurückgehen schätzen den Anteil des Kleinbergbaus an der Weltbergbauproduktion auf zwischen 10 % bis 30 % (Hagen, 1995).

Aufgrund des weltweiten Rohstoffbooms, der auf den steigenden Bedarf an Rohstoffen zurück geht und sich durch die enorm gestiegenen Rohstoffpreise auf dem Weltmarkt bemerkbar macht, verzeichnet der Kleinbergbausektor einen erheblichen Wachstumsimpuls. Verdeutlicht wird die Entwicklung des Rohstoffmarktes in den Abbildungen 2 und 3 für ausgewählte Nichteisenmetalle, die neben Edelsteinen das Hauptabbauprodukt im Kleinbergbau sind.

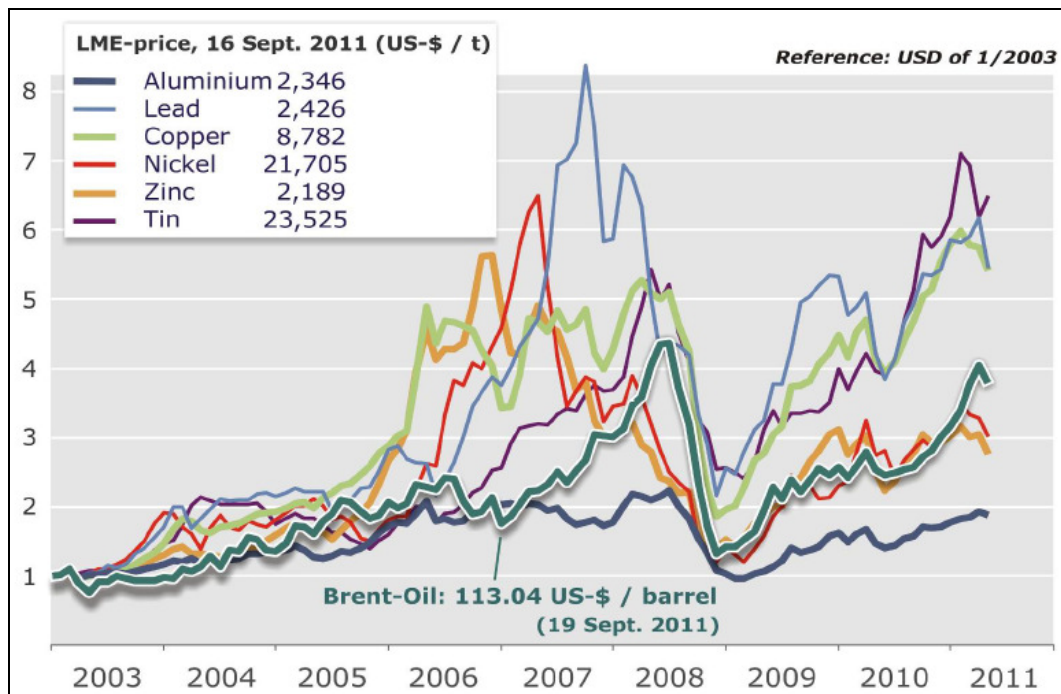


Abbildung 2: Preisentwicklung ausgesuchter Nichteisenmetalle (Kümpel et al., 2011)

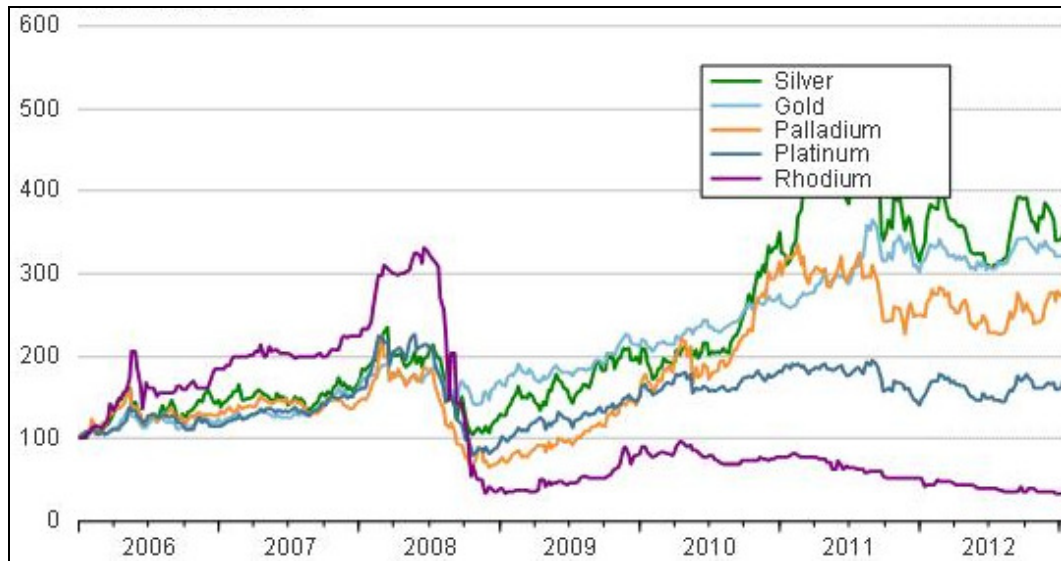


Abbildung 3: Preisentwicklung der Edelmetalle (Scheyder, 2011)

Als weiteren Beleg für diese Aussage ist im Diagramm der Abbildung 4 exemplarisch für Gold die parallele Entwicklung zwischen dem Anstieg des Goldpreises und dem Anstieg der Zahl der Kleinbergbautreibenden weltweit für den Zeitraum zwischen 2001 bis 2007 abzulesen.

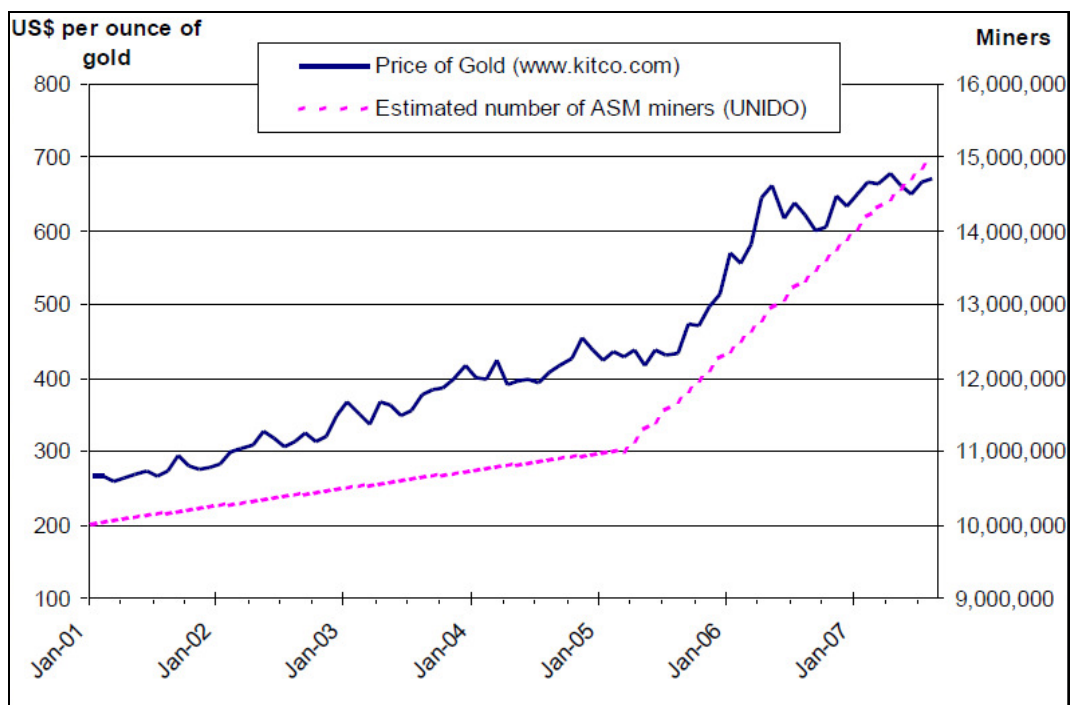


Abbildung 4: Entwicklung Goldpreis und Anzahl der Kleinbergleute (Bailey, 2010)

Gold gilt als der am häufigsten im Kleinbergbau abgebaute Rohstoff. Schätzungen der UNO-Umweltorganisation UNEP zu Folge werden jährlich etwa 700 t Gold in 70 verschiedenen Ländern im Kleinbergbau gefördert. Das sind etwa 25 % der gesamten Jahresfördermenge weltweit. Kein Bergbaukonzern

fördert allein eine so große Menge. Im Goldbergbau arbeiten nach Schätzungen etwa 10 Mio. Menschen, von denen etwa 3 Mio. Frauen und Kinder sind (Bailey, 2010).

Die aufgeführten Zahlen und Fakten belegen den noch heute hohen Stellenwert des Kleinbergbaus als Wirtschaftskraft und somit intensiven Beschäftigungssektor, sowie Quelle für einen hohen nationalen Mehrwert in vielen Ländern weltweit.

1.2 Definition Kleinbergbau

1.2.1 Vorbemerkungen

Der Terminus Kleinbergbau ist ein komplexer Begriff für den keine allgemein anerkannte und formale Definition existiert. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass die Art und Weise wie Kleinbergbau in Industrieländern betrieben wird, sich stark von Kleinbergbauaktivitäten in Entwicklungsländern unterscheidet. Kleinbergbauaktivitäten werden in Industrieländern hauptsächlich aus folgenden Gründen ausgeübt (Kless, 2008):

- regionaler Verkauf und deshalb begrenzte Abnehmerzahl (Steine & Erden Sektor: Sand- und Kiesgruben als Lieferant der lokalen Bauindustrie),
- kleines Erzvorkommen, das durch einen hohen Weltmarktpreis des Rohstoffes abbauwürdig ist (z.B. *Flussspatlagerstätte Niederschlag, Sachsen-Deutschland*),
- Seltenheitswert des Rohstoffes (z.B. *Kaolingrube Seilitz, Sachsen-Deutschland* – Rohstofflieferant für Meißener Porzellan).

Weitere wichtige Charakteristika des Kleinbergbaus in Industrieländern sind die legal erworbene Erkundungs- und Bergbaulizenz, der hohe Grad an Mechanisierung und Technisierung sowie der damit einhergehende Einsatz einer geringen Anzahl an Arbeitskräften in einer Lagerstätte. Der Kapitaleinsatz zur Entwicklung einer Kleinbergbaulagerstätte ist um ein Vielfaches höher als in Entwicklungsländern. Ebenso verhält es sich mit dem erwirtschafteten Gewinn. In Abbildung 5 sind zur Veranschaulichung dieses Sachverhaltes Zahlenwerte zu Beschäftigten, Umsatz, Bruttoinvestitionen sowie Bruttowertschöpfung kleiner und mittelständiger deutscher Bergbauunternehmen (KMUs) aufgeführt.

Größenklasse	Unternehmen		Beschäftigte		Umsatz			Bruttoinvestitionen in Sachanlagen			Unternehmen mit Investitionen		Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten		
	Anzahl	%	Anzahl	%	insgesamt Mill. €	pro Person €		Mill. €	%	pro Person €	Anzahl	Anteil an Gesamtzahl %	Mill. €	%	pro Person €
1) Bergbau und Gewinnung von Steine und Erden															
Kleinstunternehmen	1.010	52,4	4.147	4,6	495	3,8	119.378	98	7,3	23.701	610	60,3	206	3,4	49.660
Kleine Unternehmen	742	38,5	12.685	14,0	2.083	15,8	164.212	236	17,5	18.592	623	84,0	728	12,2	57.394
Mittlere Unternehmen	142	7,3	11.901	13,2	1.956	14,9	164.374	154	11,4	12.902	126	88,9	711	11,9	59.765
Großunternehmen	35	1,8	61.658	68,2	8.635	65,6	140.045	859	63,8	13.936	28	79,3	4.336	72,5	70.323
2) Kohlenbergbau, Torfgewinnung, Gewinnung von Erdöl und Erdgas usw.															
Kleinstunternehmen	84	56,3	325	0,6	20	0,3	61.449	1	0,2	4.371	60	72,3	9	0,2	26.708
Kleine Unternehmen	27	18,3	554	1,0	53	0,7	95.659	5	0,6	9.313	26	95,6	26	0,7	46.820
Mittlere Unternehmen	23	15,3	1.940	3,4	347	4,7	178.785	21	2,6	10.835	21	92,2	124	3,2	63.816
Großunternehmen	15	10,1	54.622	95,1	6.903	94,3	126.379	778	96,6	14.252	14	93,3	3.766	96,0	68.953
3) Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau															
Kleinstunternehmen	927	52,0	3.823	11,6	475	8,1	124.297	97	17,9	25.343	549	59,3	197	9,6	51.609
Kleine Unternehmen	715	40,1	12.131	36,8	2030	34,7	167.341	231	42,7	19.015	597	83,5	702	34,1	57.876
Mittlere Unternehmen	119	6,7	9.960	30,2	1.609	27,5	161.567	133	24,5	13.304	105	88,2	587	28,6	58.976
Großunternehmen	20	1,1	7.036	21,4	1.732	29,6	246.142	81	14,9	11.478	14	69,0	570	27,7	80.964

Abbildung 5: Zahlen zu KMU-Bergbauunternehmen in Deutschland (nach Kless et al., 2008)

Vor diesem Hintergrund wird eine klare Abgrenzung zur Kleinbergbauthematik in Entwicklungs- und Schwellenländern, die den Fokus dieser Arbeit bildet, vorgenommen. Im Folgenden werden der Kleinbergbaubegriff und seine Bedeutung eingehend definiert und untersucht. Die Arbeit bezieht sich ausschließlich auf Kleinbergbauaktivitäten in Entwicklungs- und Schwellenländern und findet daher keine Anwendung auf den Kleinbergbau in Industrieländern.

In der einschlägigen Literatur wird der Kleinbergbau in Entwicklungs- und Schwellenländern mit Hilfe von verschiedenen Bezeichnungen beschrieben. In englischen Texten verschiedener internationaler Organisationen, wie den *Vereinten Nationen* (UNEP, 2012), der *Weltbank* (Wall, 2010) oder der *ILO* (DDI, 2009) wird in der Regel der kombinierte Ausdruck *Artisanal and Small Scale Mining*, kurz *ASM* verwendet. Diese Bezeichnung beschreibt sowohl die Größe (*small scale* – kleinmaßstäblich) als auch den Entwicklungsgrad (*artisanal* – handwerklich, manuell) des Bergbaus. In der Fachliteratur wird häufig unter *Small-Scale Mining* die legale Form des Kleinbergbaus verstanden und mit dem Begriff *ASM* die informelle bzw. illegale Form assoziiert (Labonne, 1996). In deutschsprachigen Texten lassen sich hingegen keine vergleichbar eindeutigen Bezeichnungen finden. Es werden meist die Begriffe Kleinbergbau, analog zu *Small-Scale Mining* und die weitere Abstufung Kleinstbergbau verwendet. Der Terminus Kleinstbergbau wird in der Regel als Synonym für artisanalen Bergbau gebraucht, gilt aber nicht für alle Autoren dieser Thematik als allgemeingültig definiert (Hagen, 1995).

Seinen Ursprung hat der Kleinbergbau im traditionellen Landwirtschafts- und Handwerkssektor. Als historische Beispiele des Industrielandes Deutschland sind in diesem Zusammenhang die Anfänge der Braunkohlengewinnung in Mitteldeutschland (Drebenstedt et al., 2009), der Steinkohlenindustrie im Ruhrgebiet (Sondermann, 2004) oder der Kali- und Salzindustrie im Wendland zu nennen (Reiff, 2001). *McMillan*

(1995) und *Labonne* (1996) bestätigen diese Entwicklung für den heutigen Kleinbergbau in Entwicklungsländern. Als Gründe führen sie unter anderem bessere Verdienstmöglichkeiten und die Suche nach Abenteuer bzw. eine Abwechslung von der monotonen Feldarbeit an.

Der Wirtschaftsexperte im Bereich Entwicklungsländer *Jörg Hauser* hat diese Tatsache anhand von geographischen und ökonomischen Unterscheidungskriterien wissenschaftstheoretisch dargestellt. Tabelle 1 veranschaulicht und erklärt sein Konzept.

Tabelle 1: geographische und ökonomische Unterscheidungskriterien in Entwicklungsländern (Hauser, 1991)

Ökonomisches Produktionskriterium	Geographische Einteilung	
	ländlich	städtisch
Traditionell	<ul style="list-style-type: none"> - traditionelle Landwirtschaft - traditionelles Handwerk - allgemein marginalisiert auf dem Land 	Informeller Sektor <ul style="list-style-type: none"> - allgemein marginalisiert in der Stadt
Modern	<ul style="list-style-type: none"> - Plantagen - <u>Bergbau</u> - spezielle Industriezentren in ländlichen Gebieten 	Formeller Sektor <ul style="list-style-type: none"> - moderner Industrie-, Verwaltungs-, und Dienstleistungssektor

Es ist aus der Tabelle zu entnehmen, dass der Kleinbergbau die nächsthöhere und damit eine modernere Produktionsstufe im ländlichen Raum darstellt. Die Bauern und Handwerker haben ihr Wissen in den Bergbau einfließen lassen. Durch Erzfunde und verschiedene natürliche Indikatoren für Erz, wie beispielsweise bestimmte Pflanzenarten haben die Bauern erste Erfahrungen mit Rohstoffen gesammelt (Pape, 1978). Aus Mangel an adäquaten und günstigen Bergbaugeräten haben die Handwerker Werkzeuge für den Bergbau umfunktioniert bzw. selbst gebaut (McDevitt et al., 1993).

1.2.2 Definitionsansätze

In erster Linie wird unter der Thematik Kleinbergbau eine Bergbauaktivität verstanden, die einen sehr hohen Arbeitskräfteeinsatz erfordert und über sehr wenig Potenzial an Kapital, Mechanisierung und Technologie verfügt (Wall, 2010). Eine weitere Eingrenzung und speziellere Definition kann nach den Gesichtspunkten des Legalitätshintergrunds, der Betriebsform, dem Verbreitungsgrad, nach Lagerstättenparametern, nach Rohstoffgruppen oder auch nach Bergwerksausstattung bzw. Bergwerksorganisation erfolgen. Im Folgenden werden diese Definitionsansätze kurz dargestellt.

Die Definition auf Grundlage des *Legalitätshintergrunds* bezieht sich auf das Vorhandensein eines Konzessionsrechts. Sowohl englische als auch deutsche Fachtexte sprechen von Kleinbergbauaktivitäten die entweder *legal (legal)*, *illegal (illegal)* oder in der *informellen Zwischenform (informal / illicit)* durchgeführt werden.

Hentschel et al. (2003) vertritt die Meinung, dass der Kleinbergbau in Entwicklungsländern weder als reine legale noch als reine illegale Aktivität auftritt. Er bezeichnet den vorherrschenden Legalitätsgrad als informell. Abbildung 6 illustriert seine Aussage graphisch an dem Modell einer Waage. Diese befindet sich nicht im Gleichgewicht trotz guter Legalisierungsargumente, sondern tendiert in Richtung Informalität.

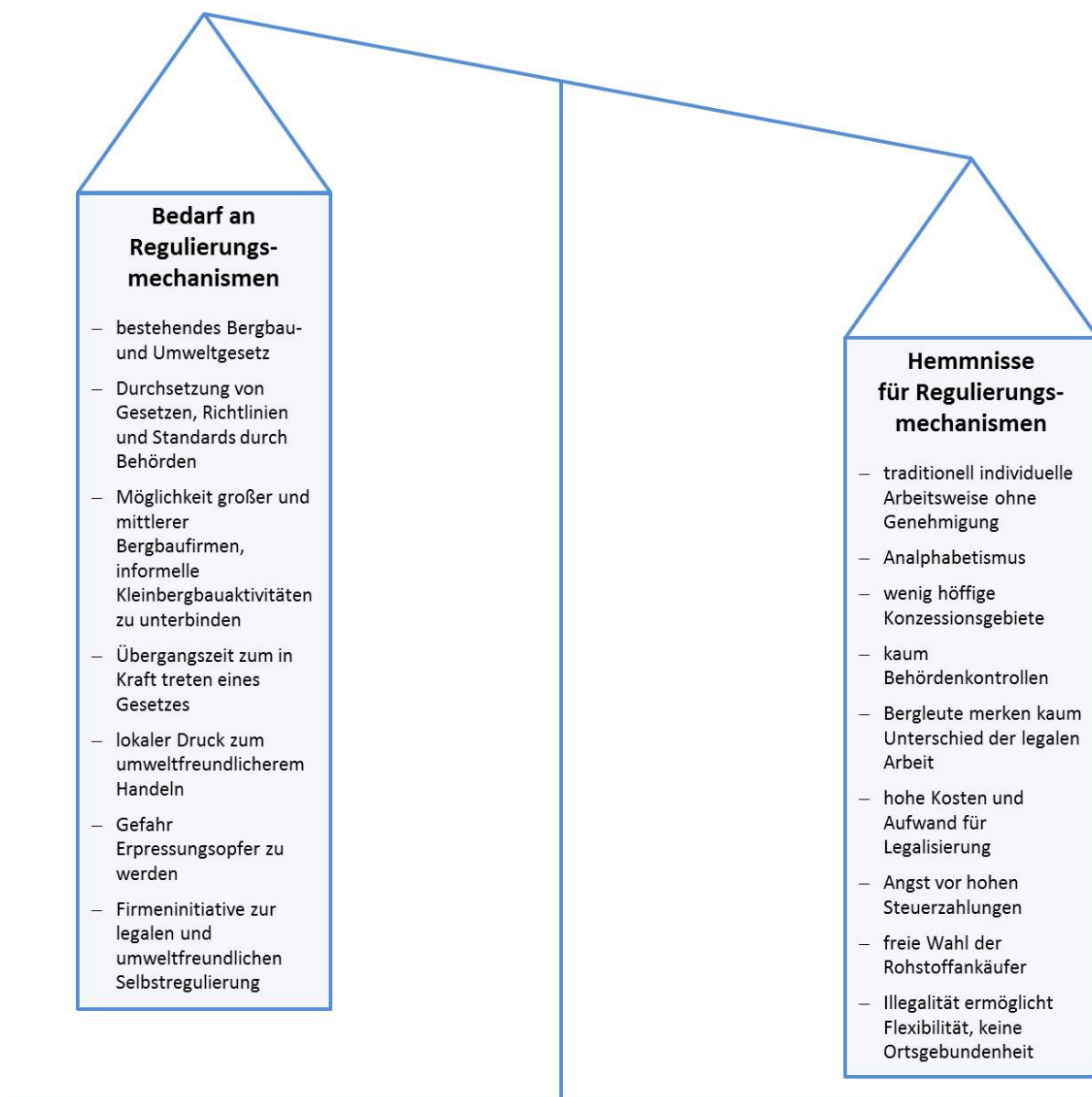


Abbildung 6: Legalitätswaage (nach Hentschel et al., 2003)

Die Weltbank unterscheidet in ihrem Bericht „Working together“ von 2010 die folgenden vier Kleinbergbauformen.

- legaler Kleinbergbau: Eine legal betriebene Kleinbergbaulagerstätte verfügt über eine staatlich anerkannte Lizenz Rohstoffe eines bestimmten Gebietes abzubauen (Wall, 2010).
- informeller Kleinbergbau: Als informeller Kleinbergbau werden Aktivitäten bezeichnet, die sich außerhalb der nationalen bergbaurechtlichen Rahmenbedingungen vollziehen. Diesen Bergbauaktivitäten liegen häufig Eigentumsrechte an Land zugrunde. Der Eigentümer (Konzessionär) gibt seine Einwilligung zur Nutzung seines Landes als Bergbaulagerstätte an den Kleinbergbautreibenden. Es existiert aber keine staatliche Abbaugenehmigung (Wall, 2010).
- illegaler Kleinbergbau: Als illegaler Kleinbergbau werden Abbauaktivitäten, die ohne staatliche Erlaubnis und ohne Besitz jeglicher Eigentumsrechte erfolgen, bezeichnet. Dies betrifft häufig Gebiete, auf die ein industrieller Bergbaubetrieb ein exklusives Abbaurecht besitzt (Wall, 2010).
- wiederrechtliches Betreten: Kleinbergbauaktivitäten erfolgen auch auf Privatgelände bzw. auf eingeschränkten Zugangsbereichen. Die Konzessionsgebiete sind in der Regel sehr groß und beziehen deshalb häufig Siedlungen ein. Um dieser Spezialform des illegalen Kleinbergbaus vorzubeugen, müssen die Betreiberfirmen zusammen mit staatlichen Organisationen eingeschränkte Zugangsbereiche kennzeichnen und Anwohner informieren (Wall, 2010).

Hinsichtlich der *Betriebsformen* lässt sich der Kleinbergbau in die folgenden drei Kategorien unterteilen.

- Der Kleinstbergbau bezeichnet eine Organisationsform, die aus bis zu 5 Beschäftigten besteht, die üblicherweise aus dem Familienverband kommen. Diese artisanale Form des Bergbaus wird mit einfachsten Geräten zur Rohstofferkundung, dem Abbau und der Aufbereitung bzw. der Konzentration durchgeführt. In Entwicklungs- und Schwellenländern findet der Kleinstbergbau auf illegale Weise vor allem in ärmeren Kleinlagerstätten, alluvialen Schwermetallanreicherungen sowie auf Halden oder in Aufbereitungsabgängen statt (Hagen, 1995).
- Der kooperative Kleinbergbau hingegen ist ein legaler Zusammenschluss einer Gruppe von Bergleuten zu einer Kooperative, die für eine Minengesellschaft Rohstoffabbau betreibt. Das gewonnene Erz wird zur Aufbereitung und Verarbeitung direkt an die Minengesellschaft, den Staat oder an private Ankäufer verkauft. In Südamerika ist diese Bergbaubetriebsform unter dem Namen *Mineras Cooperativas* bekannt und verbreitet. Die verwendeten Werkzeuge und Hilfsmittel sind einfache Generatoren, Bohrhämmer und Pumpen (Hagen, 1995).
- Die am höchsten entwickelte Betriebsform ist der Kleinbergbau, der sich zu den beiden anderen Kategorien stark unterscheidet. Es ist eine legal organisierte Betriebsform mit einem hohen Mechanisierungsgrad, die Materialien aller Rohstoffgruppen abbaut und weltweit vor allem auch in Industrieländern verbreitet ist (Hagen, 1995).

Eine weitere Definitionsmöglichkeit bezieht sich auf den *Verbreitungsgrad*.

- Der dauerhafte, traditionelle Kleinbergbau wird über Generationen hinweg an derselben Lagerstätte betrieben und dient einem Familienverband oder einer ganzen Dorfgemeinschaft zur Aufrechterhaltung der traditionellen Lebensgrundlage. Bergbauliches Wissen und Handwerk wird von Generation zu Generation weitergegeben und vom Großteil der Familie als Beruf ausgeübt. Der Status der Bergbauarbeit ist in diesem Fall vergleichbar mit der Arbeit einer Bauernfamilie auf dem Feld (Wall, 2010).
- Der saisonale Kleinbergbau wird als Nebentätigkeit und zweite Einkommensquelle genutzt. Die Bergleute sind in diesem Fall gleichzeitig auch Bauern und wechseln je nach Jahreszeit den Arbeitsort, oft über weite Distanzen vom Feld zur Rohstofflagerstätte (Wall, 2010).

- Die permanente Arbeitsgemeinschaft beschreibt Bergbauaktivitäten, die auf dem gleichen Territorium ausgeübt werden. Kleinbergbauaktivitäten finden hier mit Einverständnis größerer Bergbaubetriebe an bereits abgebauten Gebieten, in Tailings und auf Halden oder den Hauptabbauarbeiten nachgelagert, sowie in historischen Schächten und Stollen innerhalb des großflächigen Lizenzgebiets statt (Wall, 2010).
- Kleinbergbauaktivitäten, die sich aufgrund von unvorhersehbaren äußeren Einwirkungen ergeben, wie beispielweise Naturkatastrophen oder wirtschaftlichen und politischen Umbrüchen gehören zum sogenannten Schock-Kleinbergbau. Die betroffenen Menschen sind gezwungen sich eine neue Einkommensquelle zu suchen und betreiben unorganisierten Kleinbergbau (Wall, 2010).
- Kleinbergbau kann durch Menschenzuströme oder Migration abrupt entstehen. Infolge der Erkundung einer neuen Rohstofflagerstätte strömen mehrere Tausend Menschen in das Gebiet um allein oder in kleinen Gruppen Bodenschätze zu gewinnen. Oft verlagern die Bergleute ihren ständigen Wohnsitz in die Nähe des Abbauorts (Wall, 2010).

Lagerstättenparameter die an bestimmte Kennwerte gekoppelt sind, gelten ebenfalls als eine häufig verwendete Definitionsvariante. *McDevitt et al.*(1993), der den Kleinbergbau aus Sicht des handwerklichen bzw. technischen Ausrüstungsberaters sieht vertritt die Auffassung, dass eine allgemeingültige Definition kaum möglich ist, weil die einzelnen Lagerstättenparameter auf unterschiedlichen Stellgrößen basieren und nationale Regierungen eigene Definitionen aus ihrem jeweiligen Mix sozialer, geografischer, finanzieller und technischer Einflussfaktoren generieren müssen. Für eine weltweit gültige Definition sieht *McDevitt et al.* nur die Möglichkeit die Jahresproduktion in Tonnen (t) als Kennziffer heranzuziehen. Tabelle 2 zeigt die Klassifizierung des Kleinbergbaus nach der Jahresproduktion in Tonnen (t) von anerkannten Fachorganisationen und einschlägigen Wissenschaftlern. Die durchschnittliche Produktionsmenge lässt sich demnach auf unter 100.000 t jährlich festlegen.

Tabelle 2: Klassifizierung des Kleinbergbaus nach Fördermenge in Tonnen (t) (nach McDevitt et al., 1993; Hagen, 1995; Jaques, 2005; Aryee B.N.A., 20003, Hilson, 2003; Avila, 2003)

Menge (jährlich in t)	Organisation / Spezialist	Jahr
unter 50.000	Vereinte Nationen	1972
unter 60.000	G. del Castillo	1980
unter 100.000	D.N. De Bord und W.G. Mikutowicz	1981
unter 100.000	U.S.B.M.	1983
von 20.000 bis 200.000	D. Ingler	1983
unter 50.000	J.C. Fernandez	1983
100.000	Mineral Yearbook	1984
unter 100.000	J.S. Carman	1985
unter 50.000	P.C. Kotschwar	1986
unter 150.000	Mining Magazine	1986
unter 50.000	Seminar der UNO in Ankara	1988
unter 50.000	UNCTAD	1997
50.000 oder weniger	United Nations und Intermediate Technology Development Group	2003
50.0000 oder weniger	Regierung der Philippinen	2003
von 50.000 bis 100.000	Regierung von Mexico	2003
von 50.000 bis 100.000	Regierung von Kolumbien	2003

Es ist jedoch erforderlich den Jahresproduktionswert abhängig vom Abbauprodukt zu betrachten. Für die Förderung von Energierohstoffen und Schüttgütern zu niedrigen Preisen, wie beispielsweise Kohle entspricht eine Jahresfördermenge von 50.000 t bis 100.000 t definitiv einer Kleinbergbauaktivität. Dahingegen wird die Fördermenge für Kleinbergbauaktivitäten auf Erze und Edelsteine, die einen hohen Einzelwert, anspruchsvolle Ausbringungsprozesse und geringerer Höffigkeit aufweisen in wesentlich geringeren Mengen und in Gramm und Kilogramm angegeben (Hruschka, Echavarría, 2011).

Hentschel im Gegenzug listet Parameter des Kleinbergbausektors als Definitionsgrundlage auf. Zu diesen vor allem typisch ökonomischen Merkmalen zählen (Hentschel, 2003):

- Jahresproduktion,
- Anzahl der Beschäftigten pro produktive Einheit,
- Intensität (Volumen) des eingesetzten Kapitals,
- Arbeitsproduktivität,
- Lagerstättengröße,
- Verkaufsvolumen,
- Arbeitskontinuität,
- Betriebszuverlässigkeit,
- Länge des Bergbauzyklus.

Eine noch konkretere Definition der Lagerstättenparameter mit Hilfe von Kennziffern liefert *Hagen* (1995) vom BGR Hannover. Er nimmt eine Unterscheidung in die Kategorien regional und überregional vor.

- Zu den regionalen Parametern zählen neben der Jahresproduktion unter anderem die Konzessions- und Lagerstättengröße, die Abbau- und Aufbereitungsmethoden, die Kapitalinvestition, die Eigentumsverhältnisse sowie die juristische Betriebsform. Diese Kenngrößen sind, wenn vorhanden häufig im nationalen Bergbaugesetz verankert (Hagen, 1995).
- Zu den überregionalen Parametern zählen allgemeinere Lagerstättenparameter, die internationale Organisationen, wie die UNO mit Hilfe von weltweiten Umfrageergebnissen ermittelt haben. Demnach haben Kleinbergbaustandorte in Entwicklungsländern folgende Charakteristika (Hagen, 1995):
 - Jahresproduktion von weniger als 50.000 t bzw. 200 t pro Tag,
 - Kapitalinvestition für Gesamtprojekt von weniger als 1 Mio. US \$,
 - Wertschöpfung von weniger als 1,5 Mio. US \$ jährlich,
 - Beschäftigungszahl von bis zu 40 Angestellten,
 - Lebensdauer von weniger als 5 Jahren.

Es gibt außerdem Quellen zum Kleinbergbau, die eine globale und allgemeingültige Definition des Begriffs für nicht möglich und nicht zielführend erachten. *Kumar et al.* (1994) und *Hilson* (2003) betrachten das Arbeitsgebiet Kleinbergbau aus wirtschaftspolitischer Sicht und vertreten die Meinung, dass dieses

nicht allgemeingültig definiert werden kann. Jedes Land hat andere ökonomische und soziale Entwicklungstendenzen und wird auf Grundlage von unterschiedlichen politischen und rechtlichen Systemen regiert. Im Fall, dass ein Staat eine bestimmte Zielgruppe von Bergwerken beschreiben will um einen neuen Gesetzesentwurf zu erarbeiten ist eine Vergleichsanalyse zu ähnlichen Lagerstätten am sinnvollsten.

1.2.3 Zusammenfassung

Die Darstellung der verschiedenen Definitionsansätze hat gezeigt wie komplex der Begriff Kleinbergbau ist. Für eine Definition, die den Kleinbergbau generell betrachtet, können demnach nur allgemeine Definitionskriterien verwendet werden. Nur eine länderspezifische Beschreibung lässt konkrete Zahlenwerte realistisch und nachvollziehbar erscheinen.

Der Begriff Kleinbergbau wird im Zuge dieser Arbeit als illegale und informelle Bergbauaktivität in Entwicklungs- und Schwellenländern definiert. Übernommene Definitionsansätze aus dem Abschnitt 1.2.2 sind in diesem Zusammenhang ein niedriger Technisierungs- und Mechanisierungsgrad, ein hoher Beschäftigungsgrad, eine Jahresfördermenge von 50.000 t bis 100.000 t für Energierohstoffe und Schüttgüter, eine niedrige aber zahlenmäßig nicht festgelegte jährliche Ausbringungsmenge für Erze und Edelsteine und ein allgemein niedriges Ausbildungsniveau der Kleinbergbautreibenden. Hinsichtlich der Definition zu Betriebsform, Entstehungshintergrund und Verbreitungsgrad werden keine Einschränkungen gemacht.

1.3 Abgrenzung zum industriellen Bergbau

Rohstoffe sind eine unverzichtbare Grundlage für viele industrielle Produkte. Ein steigender Bedarf und die damit verbundene positive Preisentwicklung auf dem internationalen Markt erhöhen die Bergbauaktivitäten weltweit (Melcher et al., 2008). Eine Folge dieser Entwicklung ist es, dass der industrielle Bergbau (englisch: *large-scale mining* - *LSM*) immer häufiger auf den Kleinbergbau trifft. Einerseits breitet sich der industrielle Bergbau zunehmend in abgelegene Gebiete von Entwicklungs- und Schwellenländern aus, wo Kleinbergbau vorherrscht. Andererseits wachsen ebenfalls die Kleinbergbauaktivitäten stetig an, weil sie eine lukrative Einkommensquelle darstellen (Wall, 2010). „Im Kleinbergbau verdienen die Menschen circa 3 US-Dollar pro Tag, in der Landwirtschaft sind es in vielen Ländern Zentralafrikas dagegen nur 60 Cents“ (Melcher, et al., 2008).

Der Technisierungsgrad ist eines der Hauptunterscheidungsmerkmale. Charakteristisch für die Rohstoffförderung im Großbergbau sind im Unterschied zu den bereits definierten Kleinbergbauaktivitäten

„[...] riesige Bagger, Hightech-Fördertürme, hochmoderne Schürf- und Planiergeräte. [...] Internationale Bergbauunternehmen arbeiten heute überwiegend nach eigenen strengen Umwelt- und Nachhaltigkeitsstandards. Sie können sich schon aus Imagegründen heute keine Umweltskandale mehr leisten, abgesehen von den hohen Kosten für Sanierungen (Melcher, et al., 2008).“

Die Wechselbeziehung zwischen industriellem Bergbau und Kleinbergbau kann völlig unterschiedlich ausgeprägt sein. Eine feindliche Beziehung kann auf Grund von potenziellem Wettbewerb am selben Rohstoffvorkommen oder dem rechtswidrigen Betreten des Lizenzgebietes durch die Kleinbergbautreibenden hervorgerufen werden. Eine friedliche Interaktion in Form von gegenseitiger Unterstützung bis hin zur Verbesserung der sozialen Situation und Armutsbekämpfung in den Kleinbergbausiedlungen ist ebenfalls ausgeprägt. Abhängigkeitsfaktoren sind hauptsächlich die allgemeinen Betriebsbedingungen der Lagerstätte und des Abbaus, die sozialen Umstände in der Region sowie der Antrieb und das Ziel des Rohstoffabbaus beider Akteure (Wall, 2010).

1.4 Chancen und Probleme des Kleinbergbaus

1.4.1 Überblick

Der Kleinbergbausektor bietet einer breiten Masse der Bevölkerung eine Beschäftigung und somit eine Existenzgrundlage. Andererseits ist dieser Sektor mit einer Vielzahl von negativen Merkmalen behaftet, die bei informellen oder illegalen Unternehmungen weitverbreitet sind (Hilson, 2003).

Es gibt externe Einflussfaktoren mit unterschiedlichen thematischen Hintergründen, die den Kleinbergbau in direkter oder indirekter Art und Weise beeinflussen. Abbildung 7 verdeutlicht diesen Sachverhalt indem die Vielzahl der Einflussfaktoren um das Ziel einer nachhaltigen Gewinnung mineralischer Rohstoffe gruppiert ist. Es gibt einerseits die externen Faktoren wie politische, legal-administrative und institutionelle, die als nationale Rahmenbedingungen gegeben sind. Eine zweite Gruppe sind die lagerstättenspezifischen Faktoren. Dazu gehören geologische und klimatische. Diese Gruppe kann nicht beeinflusst werden. Eine nächste Gruppe sind die Faktoren, die Kleinbergbautreibende direkt betreffen, dazu zählen personell-qualifikatorische, organisatorische, technische und finanzielle. Die letzte Gruppe sind die Faktoren, die durch die Kleinbergbauaktivitäten beeinflusst und verändert werden. Dazu zählen die ökologischen, die sozial/kulturellen und die vermarktungsseitigen. Wie in der unteren Abbildung theoretisch dargestellt, ist eine nachhaltige Gewinnung mineralischer Rohstoffe möglich, wenn sich alle Faktoren in einem ausgeglichenen Zusammenspiel bewegen. Unter Nachhaltigkeit im Bergbau versteht *Priester* (1997), dass Kleinbergbauaktivitäten, die durch ein Projekt weiterentwickelt und verbessert wurden eine positive Auswir-

kung auf die wichtigsten Einflussfaktoren (Wirtschaft, Soziales, Umwelt, Politik) haben und sich gleichzeitig gleichmäßig auf die verschiedenen Einflussebenen Staat (Makroebene), Gemeinschaft (Mesoebene) und Betrieb (Mikroebene) auswirken. Als externer Berater und Projektsteuerer versucht *Priester* durch Projekte der Technischen Zusammenarbeit Einfluss auf die unterschiedlichsten Faktoren zu nehmen. Die Möglichkeit einer Einflussnahme beschreibt er je nach Projektland als sehr unterschiedlich und teilweise sehr begrenzt.

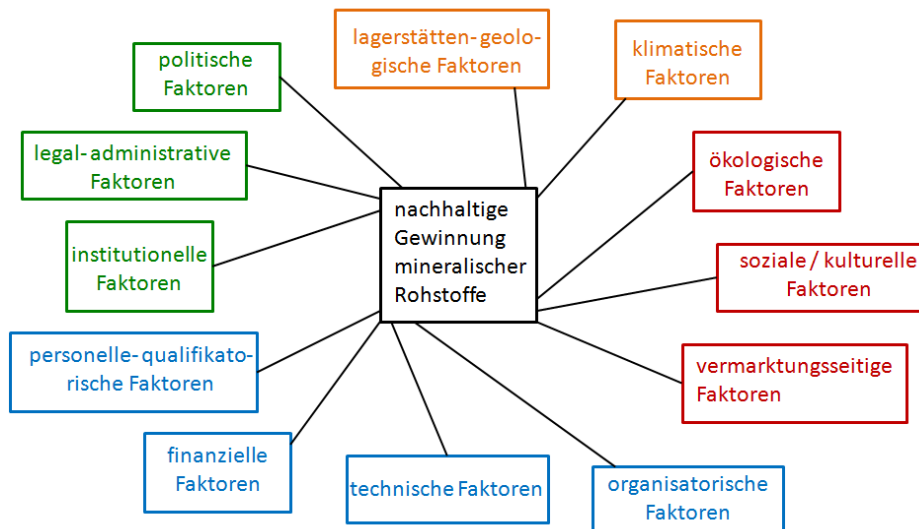


Abbildung 7: Rahmenbedingungen bei Entwicklung von Projekten der Rohstoffgewinnung (nach Priester, 1997)

1.4.2 Ist-Situation und Perspektiven

In vielen Kleinbergbauländern ist eine ähnliche Situation hinsichtlich der externen Einflussfaktoren Politik, Recht, Wirtschaft, Umwelt, Technik, Arbeitssicherheit und Soziales zu erkennen. Im Folgenden werden diese wichtigen Einflussfaktoren kurz erläutert.

Politik und Recht: Die Regierungen von Kleinbergbauländern verfügen oft nicht über die Mittel Kleinbergbauaktivitäten flächendeckend zu kontrollieren und zu legalisieren. Häufig existieren keine speziellen rechtlichen Bestimmungen zum Kleinbergbau, wie Vorgaben zu Lagerstättencharakteristika, Erlangung von Bergbaulizenzen und Abbau- und Aufbereitungsprozesse. Eine effektiv arbeitende Bergbauverwaltung ist häufig ebenfalls nicht vorhanden (Hentschel, 2003).

Wirtschaft: Kleinbergbauaktivitäten sind ein wichtiger Wirtschaftsmotor für Entwicklungsländer hinsichtlich Beschäftigungszahl und Einkommenssicherung. Illegale Kleinbergbauaktivitäten schaden hingegen dem Staat durch den Aufbau eines Schwarzmarkts und den damit verbundenen fehlenden Einnahmen aus Steuern und Abgaben (Hentschel, 2003).

Umwelt: Festgeschriebene Umweltgesetze für Bergbauaktivitäten gibt es nur in sehr wenigen Ländern. Die Erwirtschaftung des Lebensunterhalts steht für die Kleinbergbautreibenden im Vordergrund (Hruschka, 2011). Es ist daher sehr schwer ein Verständnis zum Umweltschutz aufzubauen. Verursachte Umweltschäden sind zum Beispiel Abholzung, Verschlammung von Flüssen und Quecksilberverschmutzung.

Technik und Arbeitssicherheit: Es existieren im Kleinbergbau häufig keine Arbeitssicherheitsstandards. Hinzu kommt das Fehlen von neuen und geeigneten Werkzeugen und Maschinen (Anlage 1), von unzureichenden Bergbaukenntnissen und von der notwendigen Vorsicht. Unfälle im Kleinbergbau werden vor allem verursacht durch Steinschlag, Abrutschen von Böschungen, Bergwerkseinbrüchen, Vergiftungs- oder Lungenerkrankungen aufgrund von fehlender Bewetterung oder Explosionen (Hruschka, 2011).

Soziales: Kleinbergbauaktivitäten involvieren häufig die ganze Familie. Frauen verrichten vor allem Transport- und Aufbereitungsaufgaben. Trotz der Doppelbelastung von Haushalt und Arbeit erhalten sie einen geringen Lohn. Kinder können sich wegen fehlendem Urteilsvermögen und physischer Unterlegenheit nicht gegen die Verrichtung von schweren und gefährlichen Tätigkeiten im Bergbau wehren. Ohne eine Schulausbildung haben sie kaum Weiterentwicklungschancen (Hruschka, 2011).

Trotz der beschriebenen Probleme des Kleinbergbausektors gibt es perspektivisch positive Entwicklungschancen für diesen Wirtschaftszweig. Verschiedene internationale Organisationen legen gemeinsam mit nationalen Regierungen der Kleinbergbauländer Förderprogramme auf, die darauf abzielen konkrete Projekte im Kleinbergbau zu entwickeln und durchzuführen. Als allgemeines Ziel werden der Aufbau und die Förderung eines verantwortungsvollen Kleinbergbausektors genannt. In Anlehnung an die *Millennium Development Goals* der Vereinten Nationen sind die folgenden Grundsätze für einen nachhaltigen und verantwortungsvollen Kleinbergbau unerlässlich:

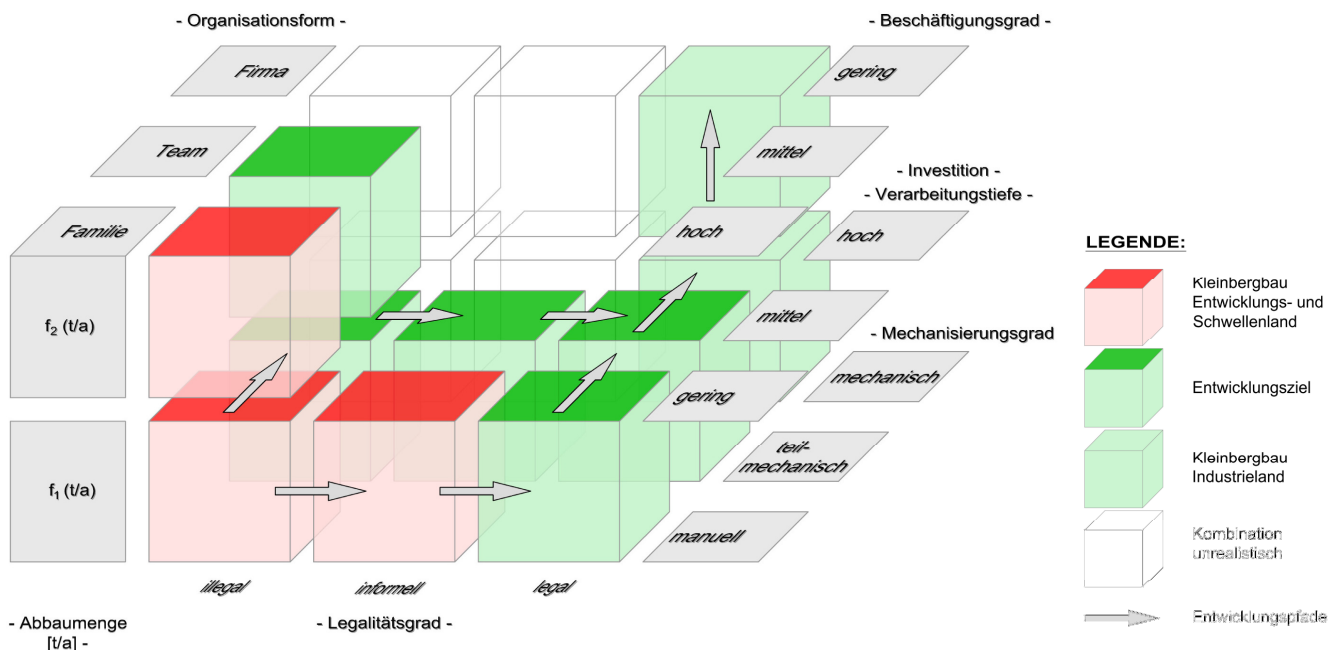
Menschenrechte, annehmbare Arbeitsverhältnisse, Lebensqualität und nachhaltige Entwicklung der Kleinbergbaugemeinschaft, Legalität, Gleichberechtigung der Geschlechter, Verantwortung für die Umwelt und Akzeptanz einer multikulturellen Gesellschaft (Hruschka, 2011).

Die Herangehensweisen zur Umsetzung dieser Grundsätze sind vielseitig. Diese Arbeit greift daher eine bestimmte und völlig neue Art der Betrachtung und methodischen Umsetzung heraus.

1.5 Idee der Arbeit

Der zentrale Bezugspunkt dieser Arbeit ist der illegale und informelle Kleinbergbau in Entwicklungs- und Schwellenländern. Abbildung 8 verdeutlicht in graphischer Form die Abgrenzung und den Definitions-

rahmen des Begriffs Kleinbergbau im Kontext dieser Arbeit und stellt Herangehensweise und Zielstellung dar.



Die roten Würfel repräsentieren die Ausgangssituation von Kleinbergbauaktivitäten in Entwicklungs- und Schwellenländern. Die komplett hellgrünen Würfel stehen für die Kleinbergbausituation in Industrieländern. Mit Hilfe der grauen Pfeile werden die möglichen Entwicklungspfade verdeutlicht, die diese beiden Kleinbergbausituationen in Beziehung setzen. Die grünen Würfel mit dunkelgrüner Oberseite verdeutlichen das mittelfristig realistische Entwicklungsziel. Mögliche Maßnahmen und Schritte für diese Zielerreichung werden in dieser Arbeit aufgezeigt.

Die konkrete Idee der Arbeit ist es, die Problemfelder des Kleinbergbaus in Entwicklungs- und Schwellenländern durch Literaturrecherche, Gespräche mit Experten und vor Ort-Recherchen in Kleinbergbaubeispieländern auf verschiedenen Kontinenten herauszuarbeiten und zu analysieren. Neben der Bereitstellung von Informationen zum Thema und der konkreten Darstellung von Problemsituationen sollen aus den spezifischen Bedingungen bestimmter Kleinbergbauaktivitäten Handlungsempfehlungen abgeleitet und entwickelt werden. Ziel ist es Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Kleinbergbaus aufzuzeigen und zu erläutern. Als Darstellungs- und Verarbeitungswerkzeug dieser komplexen Daten soll ein computergestütztes Expertensystem dienen, das im Zuge dieser Arbeit entwickelt wird.

Hintergrund dieser Forschungsidee ist die Tatsache, dass der Kleinbergbau auf der einen Seite einen wichtigen Wirtschaftsfaktor für Entwicklungs- und Schwellenländer darstellt und auf der anderen Seite aber erhebliche negative soziale und ökologische Auswirkungen hat.

Kapitel 2 Stand der Technik und des Wissens

2.1 Charakteristika des aktiven Kleinbergbaus

2.1.1 Territoriale Einteilung

Die territoriale Ausbreitung des internationalen Kleinbergbaus, der innerhalb dieser Arbeit betrachtet wird erstreckt sich über die Kontinente Zentral- und Südamerika, Afrika und Asien. Alle Länder die in diesem Gebiet liegen sind Entwicklungs- bzw. Schwellenländer. Laut Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung lässt sich der Begriff Entwicklungsland durch folgende Charakteristika definieren (BMZ, 2012):

- niedriges Pro-Kopf- Einkommen,
- schlechte Gesundheits- und Nahrungsmittelversorgung,
- hohe Arbeitslosigkeit und niedriger Lebensstandard,
- fehlende bzw. schlechte Bildungsmöglichkeiten,
- traditionelle Produktionsweisen,
- hohe Staatsverschuldung und Kapitalmangel,
- außenwirtschaftliche Probleme.

Im Unterschied dazu sind Schwellenländer durch ein viel höheres Wirtschaftswachstum gekennzeichnet. Sie sind in der Entwicklungshierarchie zwischen Entwicklungs- und Industrieländern einzuordnen. Einerseits verfügen Schwellenländer über eine starke, moderne und sich rasch entwickelnde Industrie aber andererseits bestehen sehr viele soziale Probleme, wie niedriger Bildungsgrad, schlechte Gesundheits- und Nahrungsmittelversorgung. Als einschlägig große und bekannte Schwellenländer gelten Brasilien, China, Indien, Indonesien, Malaysia, Mexiko, Südafrika sowie Thailand (Gabler, 2012).

Diese entwicklungshierarchische Abgrenzung entspricht in etwa der Darstellung der Weltbank aus Abbildung 9, die auf ihrer Weltkarte die Anzahl und Agglomerationsräume der aktiven Kleinbergbautreibenden verdeutlicht. Laut dieser Karte gibt es in Brasilien, Tansania und Kongo sowie China mit einer Anzahl von 500.000 bis 2 Mio. die meisten aktiven Kleinbergbautreibenden.

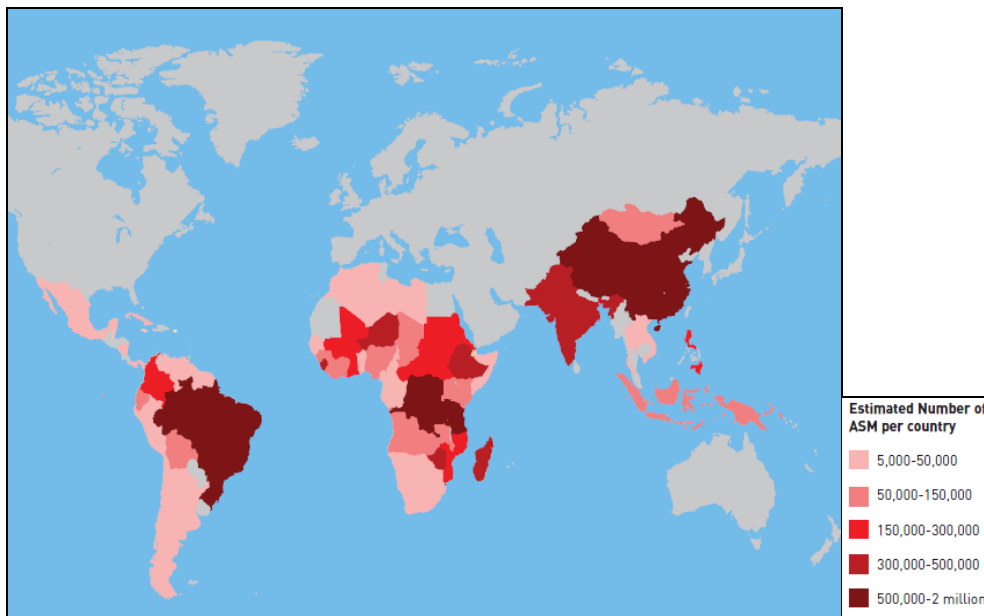


Abbildung 9: Kleinbergbauregionen weltweit (Wall, 2010)

Die *BGR* (Ellmies, 2004) hat in einer Veröffentlichung zum Thema „Armutsbekämpfung durch Kleinbergbau“ ebenfalls eine Weltkarte mit den Hauptregionen des Kleinbergbaus veröffentlicht. Als Kriterium zur Erstellung dieser Karte wurde die Anzahl der aktiven Kleinbergbautreibenden pro 10.000 Einwohner herangezogen und in diesem Zusammenhang der Stellenwert dieses Arbeitsgebiets grob eingeschätzt. Es ist erkennbar, dass auch diese Darstellung die Verbreitung der weltweiten Kleinbergbauaktivitäten auf die genannten Kontinente bzw. Entwicklungsländer festlegt. Auch die *ILO* (2006) hat eine Weltkarte zum Thema publiziert, die eine fast identische territoriale Einteilung vorsieht. In Anlage 2 sind diese Abbildungen einsehbar.

2.1.2 Einteilung nach Abbauarten

Im Kleinbergbau werden Rohstoffe genau wie im industriellen Großbergbau im Tagebau- oder im Tiefbau abgebaut. Eine Sonderform bildet die Rohstoffgewinnung aus Nebengesteinshalden oder Aufbereitungsrückständen, die aber wiederum nur durch einen vorherigen Abbau über oder unter Tage ermöglicht wird.

Sowohl Tief- als auch Tagebau wird in Festgesteinslagerstätten betrieben, deren Bildung auf hydrothermale Prozesse, magmatische Prozesse, Inkohlungsprozesse oder sedimentäre Prozesse zurückgehen. In der Gruppe der sedimentären Lagerstätten gibt es vor allem zwei Arten, die im Kleinbergbau abgebaut werden. Das sind die Steine- und Erdenlagerstätten und die Seifenlagerstätten. Der große Vorteil des letzten Lagerstättentyps sind die oberflächennah gelagerten und somit einfach zugänglichen Rohstoffe.

Die Entscheidung ob einer der genannten Lagerstättentypen im Tagebau oder im Tiefbauverfahren abgebaut wird, ist von unterschiedlichen Einflussgrößen abhängig. Dazu gehören beispielsweise verschiedene Lagerstätteneigenschaften (Teufe, Zugänglichkeit, Abbauverlust, Höffigkeit, Löseaufwand, Rohstoff-Abraum Verhältnis, Rohstoff - Nebengestein Verhältnis, Umweltbelange, Vorrechte anderer an der Oberfläche etc.), die zur Verfügung stehende Investitionssumme, die Größe des geplanten Bergbaubetriebs oder die staatlichen Auflagen zur Entwicklung einer Lagerstätte (Vasters, 2011).

Rohstoffgewinnung im Tagebau

Die Auffahrung eines Tagebaus erfolgt durch die Abtragung des Deckgebirges und einem sukzessiven Abbau über planmäßig angelegte Strossen. Im Festgestein erfolgen diese Arbeiten unter anderem durch Sprengungen und der Förderung des Materials durch mobile Geräte wie z.B. Lader, Bagger und Muldenkipper oder über Bandanlagen. Große abraummächtige Lagerstätten aus Lockergesteinsmaterial werden mit Großgeräten (Schaufelradbaggern, Eimerkettenbaggern etc.) freigelegt (Strzodka, 1978).

In Abbildung 10a ist ein Tagebaumodell für eine Erzlagerstätte dargestellt. Im Kleinbergbau wird der Aufschluss eines Tagebaus in den meisten Fällen zwar planmäßig mit Hilfe eines Baggers hergestellt, aber die Gewinnungsarbeiten am Rohstoffkörper erfolgen meistens ungeplant ohne den Einsatz von technischen Hilfsmitteln. Oft entstehen dabei nicht Langzeit standsichere Böschungen, wie Abbildung 10b zeigt. Es wird kein strukturiertes Böschungssystem erstellt, wodurch eine sichere und effektive Abbauweise gewährleistet wäre.

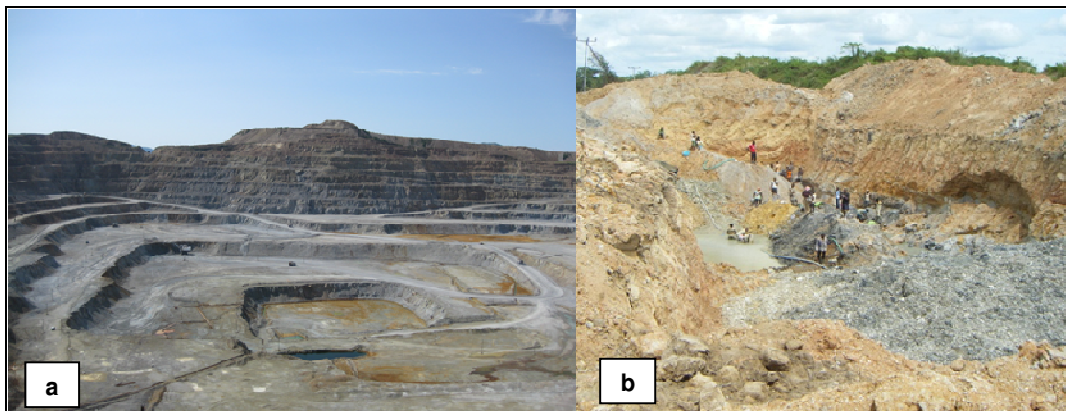


Abbildung 10: Gegenüberstellung idealtypische Darstellung eines Tagebaus und Beispiel in der Kleinbergbaupraxis (a: Drebenstedt, 2013 / b: eigenes Foto Ghana, 2012)

Seifen werden im Kleinbergbau in verschiedenen Gewinnungsverfahren abgebaut. Bei der manuellen Methode wird trockenes Material gewonnen und anschließend mit Waschschüsseln im Wasser ausgewaschen. Zu den teilmechanisierten Varianten zählt der Abbau per Saugbagger auf einer Floßkonstruktion (Abbildung 11b) oder die Verwendung eines Hydromonitors. Die Aufbereitung erfolgt bei beiden Verfahren per Waschrinne, in der das Material mit Wasser gelöst wird. Als mechanisierte Methode im Großbergbau wird

das Ausbaggern oder Dredging angewendet. Dabei werden Sedimente vom Gewässergrund z.B. mittels Eimerkettenbagger abgebaut, wie Abbildung 11a zeigt (Dresbenstedt et al., 2008).

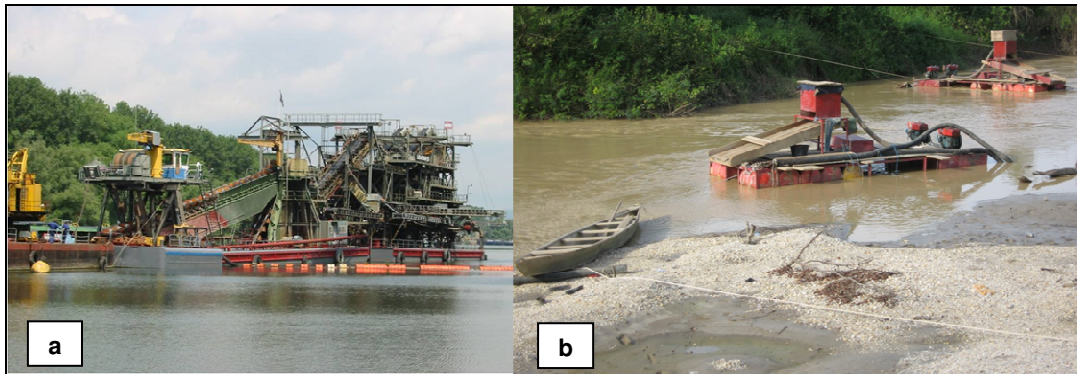


Abbildung 11: Schema Seifenlagerstätte und Abbaubeispiel im Kleinbergbau
(a: Drebenstedt, 2008 /b: eigenes Foto Dunkwa/Ghana, 2012)

Rohstoffgewinnung im Tiefbau

Die Auffahrung eines untertägigen Bergwerks wird im Kleinbergbau in der Regel ohne konkrete Planung und in ganz einfacher Form vorgenommen. Strukturierte Zuschnitte, wie im Großbergbau (Abb. 12a) z.B. beim Kammer-Pfeiler-Bau, beim Strebbau oder beim Firstenstoßbau werden nur selten und wenn dann nur in rudimentärer Art und Weise angewendet. Meist wird lediglich ein Zugang zur Lagerstätte über einen Schacht und einen Stollen oder einen ungenutzten alten Tagebau geschaffen (Abb. b,c). Dadurch ist zum einen keine Bewetterung des Grubengebäudes gewährleistet und zum anderen existiert kein Fluchtweg nach über Tage. Der Hauptgrund dieser einfachen Art des Bergbaus sind die fehlende Ausrüstung und die fehlenden Fachkenntnisse (Reuther, 2010).



Abbildung 12: Tiefbaumodell mit Kleinbergbaubeispiel
(a: nach K+S, 2013, b,c: eigene Fotos Potosí/Bolivien, 2011)

Viele Kleinbergbauländer verfügen außerdem über alte Grubengebäude aus der Kolonialzeit. Diese historischen Bergwerke werden bis heute sukzessive vergrößert und ausgebeutet. Das bekannteste Beispiel eines solchen historischen Bergwerks ist der *Cerro Rico* in *Potosí, Bolivien*. Die Abbauarbeiten am 4.792 m hohen und 5 km im Durchmesser großen Berg wurden durch Einheimische und Sklaven aus Afrika unter der Kontrolle der Spanier realisiert. Gefördert wurden in der Region vor allem Silber und Gold, aber auch zu geringeren Anteilen Zinn, Antimon, Wolfram, Wismut und Kupfer. Potosí avancierte innerhalb kürzester Zeit zur größten Stadt der Welt und zählte 1630 ca. 160.000 Einwohner. Die Bergwerke der Stadt galten weltweit als die reichsten und das dort gewonnene Silber finanzierte mehr als 2 Jahrhunderte lang die spanische Monarchie. Die Redensart „*Vale un Potosí*“ steht als Synonym für etwas das ein Vermögen wert ist und veranschaulicht den damaligen Ruf dieser Rohstoffmetropole. Nach der Ausbeutung des Großteils des Silbervorkommens verließen die Spanier Ende des 18. Jh. Potosí. Die Stadt verlor ihre Wirtschaftskraft sowie ihre globale Stellung und ihr Ansehen. Heute ist Potosí nach wie vor eine Bergbaustadt, die wegen ihrer Höhenlage und des rauen Klimas in Bolivien keinen hohen Stellenwert in Punkto Lebensqualität hat. Damals wie heute gilt der Leitspruch „*Hol‘ das Silber und verschwind aus der Stadt*“. Die gediegenen Rohstoffvorkommen sind erschöpft und es werden heute lediglich komplexe Minerale wie Zink-Blei-Silber und Zinn-Silber-Zinn im und am *Cerro Rico* bei Potosí abgebaut (Anlage 3).

2.1.3 Einteilung nach Rohstoffarten

Kleinbergbauaktivitäten werden generell auf fast alle mineralischen Rohstoffe betrieben. *Hagen et al.* unterscheidet dabei drei verschiedene Gruppen (Hagen et al., 1995):

- Metallische Rohstoffe,
- Nichtmetallische Rohstoffe und
- Energierohstoffe.

Metallische Rohstoffe

Der stetig steigende Bedarf und Preis für metallische Rohstoffe sind der Grund warum im Kleinbergbau diese Rohstoffart die am meisten verbreitetste ist. In Tabelle 3 ist ein Überblick zu den einzelnen metallischen Rohstoffen, die speziell im Kleinbergbau gewonnen werden in Verbindung mit den dazugehörigen Lagerstättencharakteristika nach *Hagen* dargestellt.

Tabelle 3: Überblick Metallische Rohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)]

Lagerstättencharakteristika	Metallische Rohstoffe
Hochwertige Erze in flächenmäßig kleinen Lagerstätten	<ul style="list-style-type: none"> - Ganglagerstätten: Goldquarzgänge, sulfidische Erze von Blei, Silber, Zink, Kupfer. Oxidische Erze von Zinn, Wolfram - Kleine isolierte Erzlinsen: Chromit, Manganerze - Sekundäre Anreicherungen im Bereich der Oxidations- und Zementationszonen - Größere aber geringhaltige Lagerstätten von Gold, Silber, Kupfer - Schwermineralanreicherungen von Gold, Platin, Zinn, Chromit in Seifenlagerstätten
Leicht zu gewinnende Erze an oder nahe der Erdoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> - Erze für begrenzten Inlandsbedarf - Erzrückstände in Halden und aus Aufbereitungsabgängen / Tailings

Tabelle 4 belegt mit Zahlenwerten wie hoch der Anteil geförderter metallischer Rohstoffen im Kleinbergbausektor im Jahr 2011 weltweit war. Es werden konkret die prozentualen Werte und Angaben in Tonnen (t) für das Fördervolumen ausgewählter Metalle an der Weltproduktion aufgeführt. Zum Vergleich sind in der letzten Spalte die Zahlenwerte für das weltweite Gesamtfördervolumen dieser bestimmten Metalle in Tonnen (t) angegeben. Es ist zu erkennen, dass vor allem die Förderung für Tantal, Zinn und Gold im Kleinbergbau ein Viertel der weltweiten Produktion ausmacht.

Tabelle 4: Anteil Kleinbergbau an Weltproduktion verschiedener Metalle (nach ICMM, 2012)

Metall	Kleinbergbauanteil [%]	Kleinbergbauproduktion [t]	Weltproduktion gesamt [t]
Tantal	26	205	790
Zinn	25	88.500	354.000
Gold	25	681	2.724
Wolfram	> 6	> 4.320	72.000
Eisenerz	< 4	< 79.720.000	1.993.000.000
Blei	3	140.100	4.670.000
Zink	1	129.640	12.964.000
Kupfer	0,5	80.175	16.035.000

Nichtmetallische Rohstoffe

Die nichtmetallischen Rohstoffe beinhalten ein weites Feld an unterschiedlichen Abbauprodukten, wie Tabelle 5 zeigt. Im Kleinbergbausektor ist vor allem die Gruppe der Edelsteine hervorzuheben.

Tabelle 5: Überblick Nichtmetallische Rohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)

Rohstoffeigenschaft	Nichtmetallische Rohstoffe
Industrieminerale, Steine und Erden	<ul style="list-style-type: none"> - Baurohstoffe für lokalen Bedarf: Sand, Kies, Ton, Kalkstein, Gips, Bims, Tuff, Naturstein - Höherwertige Minerale für den Inlandsbedarf und Export: Flussspat, Talk, Feldspat, Baryt, Salz, Graphit
Edelsteine	- Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd, Turmalin
Schmucksteine bzw. Halbedelsteine	- Achat, Malachit, Obsidian, Onyx, Türkis, Rodochrosit

In diesem Zusammenhang werden die *Demokratischen Republik Kongo* und der dort weit verbreitete Kleinbergbau auf Diamanten als Beispiel herangezogen. Der Kongo gilt als extrem arme und politisch unsichere Region, die immer wieder von Kriegen und Unruhen erfasst wird. Der Großteil der Diamantenförderung erfolgt illegal und die abgebauten Rohstoffe gelten als „*Blut- bzw. Konfliktdiamanten*“ (Hütz-Adams, 2008). Tabelle 6 gibt einen Überblick zum hohen Anteil der unorganisierten Kleinbergbauaktivitäten auf Diamanten an der nationalen Gesamtfördermenge.

Tabelle 6: Diamantenproduktion im Kongo (DDI, 2011)

Jahr	Produktionsmenge Kleinbergbau [t]	Produktionsmenge Gesamt [t]
2000	2,2	3,0
2001	2,4	3,4
2002	3,2	4,4
2003	3,8	5,4
2004	4,4	6,0
2005	5,4	6,4
2006	5,2	5,8
2007	5,1	5,6
2008	4,0	4,0
2009	3,4	3,4

Energierohstoffe

Die dritte Rohstoffgruppe die für den Kleinbergbau relevant ist sind die Energierohstoffe, die in Tabelle 7 im Überblick aufgeführt sind. In vielen Entwicklungsländern werden die im Kleinbergbau geförderten Energierohstoffe als Heizrohstoff direkt an arme Bevölkerungsgruppen verkauft. Der Bericht über den Kleinbergbau in der Mongolei in Anlage 4, Gliederungspunkt 2.2 informiert über diese Situation.

Tabelle 7: Energierohstoffe im Kleinbergbau (nach Hagen, 1995)

Rohstoffeigenschaft	Energierohstoffe
Heizrohstoff	<ul style="list-style-type: none"> - Steinkohle - Braunkohle - Torf - Bitumen

Das bekannteste Kleinbergbauland für den Rohstoff Kohle ist *China*, dessen Produktionszahlen an dieser Stelle exemplarisch betrachtet werden. Seitens der Regierung gibt es keine nennenswerten Bemühungen Kleinbergbauaktivitäten auf Kohle flächendeckend zu legalisieren bzw. den Markteintritt dieser Art von Bergbauaktivitäten transparent zu gestalten. Ohne einen eindeutigen Rechtsrahmen sehen sich die Kleinbergbautreibenden nicht veranlasst die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Daraus resultiert, dass derzeit etwa drei Viertel aller Todesfälle im chinesischen Kohlenbergbau Kleinbergbautreibende sind. Im Gegensatz dazu stellt der chinesische Kleinbergbausektor nur etwa ein Drittel der gesamtchinesischen Bergbauproduktion (Tu, 2010).

Trotz der genannten Rahmenbedingungen steigt der Kleinbergbau auf Kohle in China seit den 1960er Jahren mit nur wenigen Ausnahmen stetig an, wie Tabelle 8 zeigt.

Tabelle 8: Entwicklung der Kohlenproduktion im Kleinbergbau in China (nach Tu, 2010)

Zeitraum (5 Jahrespläne)	Durchschnittliche Jahresproduktion [Mio. t]	Produktion im Kleinbergbau [%]
1966 – 1970	259	5,9
1971 – 1975	423	11,3
1976 – 1980	582	16,2
1981 – 1985	733	25,7
1986 – 1990	987	35,7
1991 – 1995	1.191	42,1
1996 – 2000	1.319	38,3
2001 – 2005	1.751	34,6
2006 – 2010	2.686	37,8

2.1.4 Hauptakteure im Kleinbergbau

Grundsätzlich sind die Kleinbergbautreibenden und die Regierung des Entwicklungs- oder Schwellenlandes, vertreten durch die jeweiligen Bergbaubehörden die wichtigsten Akteure im Zusammenhang mit Kleinbergbauaktivitäten. Hinsichtlich der Förderung und Weiterentwicklung dieses Bergbausektors können weitere Akteure eingeschaltet werden. Dazu gehören vor allem internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen, regionale Entwicklungsbanken, industrielle Großbergbauunternehmen, kleine und mittelständige (KMU) Unternehmen, Einzelpersonen als Investoren oder nationale und internationale Universitäten. In Anlage 5 sind alle diese Akteure sowie deren Beziehungen untereinander grafisch dargestellt. Diese Grafik gibt außerdem Aufschluss darüber, welche Gruppen von Akteuren für diese Arbeit relevant sind. Im Folgenden wird auf die wichtigsten dieser Fokusgruppen gesondert eingegangen.

Staat

Der Staat nimmt eine Schlüsselrolle bezüglich der Bestimmung des Legalitätsgrades im Kleinbergbau ein. Eine Legalisierung dieser Art von Bergbauaktivitäten entwickelt sich nur sehr zögerlich und regional begrenzt. Gründe dafür sind häufig der Unwille des Staates den Kleinbergbau als industriellen Sektor anzuerkennen oder fehlende Kapazitäten, einhergehend mit geringen finanziellen Mitteln um ein derartiges Projekt landesweit erfolgreich durchzusetzen (Hentschel, 2003).

Im Gegenzug haben die Kleinbergbautreibenden ebenfalls wenig Anreiz ihre Arbeits- und Lebenssituation außerhalb des nationalen rechtlichen Rahmens zu verändern. *Hentschel et al.* führt dazu eine Reihe von Gründen auf (Hentschel, 2003):

- fehlendes Wissen zu legalen Voraussetzungen,
- lokale traditionelle und kulturelle Besonderheiten/Verhaltensweisen,
- wenig Anreiz durch den Staat legal zu arbeiten,
- hohe Steuerlast,
- limitierter Zugriff auf Bergbaulizenzen,
- anspruchsvolle Verwaltungsabläufe um legal arbeiten zu können,
- bedingte Gefahr durch Sanktionen einhergehend mit Korruptionsbereitschaft der Beamten.

Abbildung 13 verdeutlicht den Teufelskreis dem der Staat und die informell arbeitenden Kleinbergbautreibenden ausgesetzt sind. Im Zentrum steht der informelle Abbau von Rohstoffen. Die Kleinbergbautreibenden, die informell arbeiten, sind gezwungen ihr Abbauprodukt an illegale Zwischenhändler zu verkaufen. Diese Zwischenhändler legen ihre eigenen Verkaufspreise fest. Die Kleinbergbautreibenden sind den Ankäufern ausgeliefert und werden von ihnen unter Druck gesetzt. Diese nachteiligen Verkaufsumstände führen für die Bergleute zu Armut und Abhängigkeit. Die Zwischenhändler verkaufen die angekauften Rohstoffe weiter an Großhändler, so dass am Ende der Verkaufskette legal und illegal abgebaute Rohstoffe

vermischt bei legalen Händlern bzw. legalen Ankäufern der weiterverarbeitenden Industrie im In- und Ausland ankommen. Weil ein effektives funktionierendes Besteuerungssystem fehlt und die Vermischung der illegalen und legalen Abbauprodukte zugelassen wird, geht dem Staat ein signifikanter Anteil von möglichen Steuereinnahmen verloren. Der Staat verliert weiterhin regelmäßige Zahlungen aus Produktionsabgaben und Bergbaulizenzabgaben durch illegale Kleinbergbauaktivitäten. Einen Sachverhalt, den es in diesem Zusammenhang zu organisieren gilt, ist die Zurverfügungstellung von speziell für Kleinbergbauaktivitäten geeigneten Lizenzgebieten.

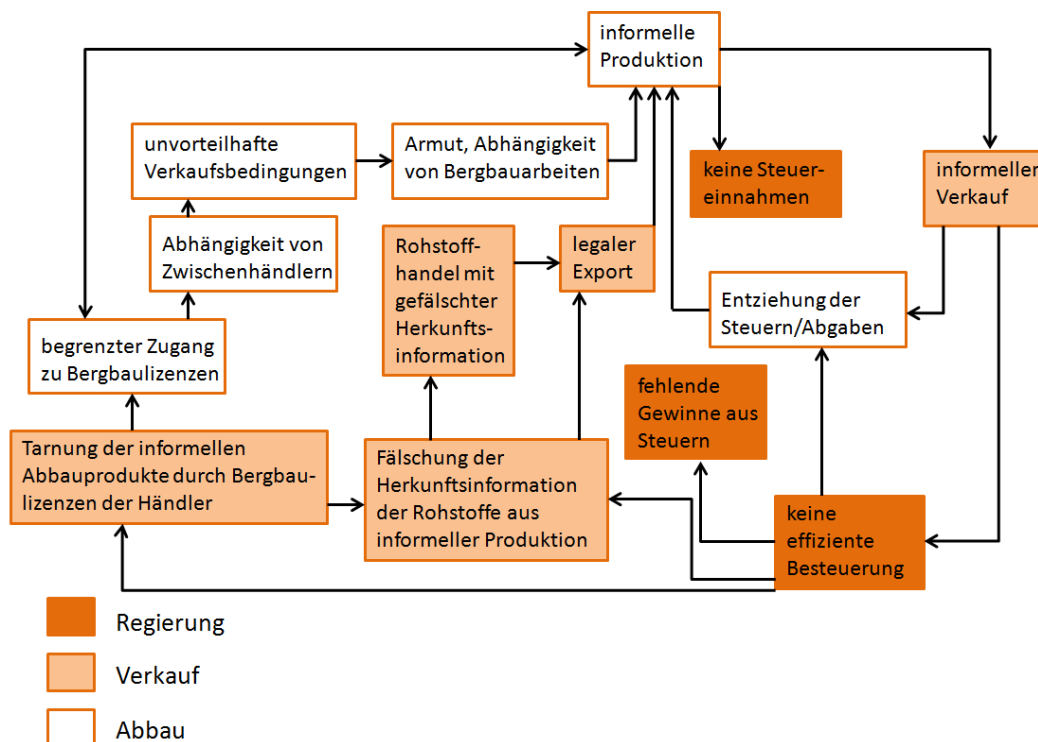


Abbildung 13: Staatliche Rolle im informellen Kleinbergbau (nach Hentschel, 2003)

Internationale Organisationen

Die Thematik des internationalen Kleinbergbaus in Entwicklungs- und Schwellenländern und die damit assoziierten Hauptproblemfelder sind weltweit bekannt. Aus diesem Grund gibt es eine Reihe von internationalen Förder- und Finanzierungsorganisationen, die sich mit der Recherche von Kleinbergbauproblemen, der Erarbeitung von Lösungen und deren Implementierung in speziellen Ländern in Form von mehrjährigen Hilfsprojekten auseinandersetzen. Diese Organisationen können grob in drei unterschiedliche Kategorien unterteilt werden:

- (1) Organisationen die aus der internationaler Gemeinschaft bzw. regionalen Länderzusammenschlüssen bestehen. Durch die Vereinbarung von gemeinsamen Entwicklungszielen fördern und finanzieren diese Institutionen Projekte weltweit. Eine Sonderform sind regionale Entwicklungsbanken, deren Mitglieder Entwicklungs- und Schwellenländer der jeweiligen Kontinente sind. Diese Banken nehmen Mittel auf

dem Kapitalmarkt auf und haften dafür selbstschuldnerisch. Sie gewähren zinsgünstige Kredite an die einzelnen Mitgliedsstaaten, die damit vorrangig Förderprojekte zur Bekämpfung der Armut finanzieren (BMZ, 2012).

- (2) Regierungsorganisationen aus Industrieländern, die aufgrund ihrer Entwicklungspolitik sowie spezieller bilateraler bzw. multilateraler Zusammenarbeit Förder- und Finanzierungsprojekte weltweit initiieren und begleiten.
- (3) Gemeinnützige Organisation bzw. Nichtregierungsorganisation die sich für bestimmte Themengebiete, wie beispielsweise Umweltschutz oder Bekämpfung von Kinderarbeit weltweit einsetzen und gezielt durch Förder- und Finanzierungsprojekte unterstützen. Diese Institutionen finanzieren sich durch Spenden und Fördergelder aus unterschiedlichen Quellen.

In Tabelle 9 sind im Überblick wichtige internationale und deutsche Organisationen, die Projekte im Kleinbergbausektor durchführen, mit ihren jeweiligen Arbeitsthemen aufgeführt.

Tabelle 9: wichtige Förder- und Finanzierungsorganisationen (nach Priester, 2010)

ORGANISATION	ARBEITSTHEMATIK
Weltbank (CASM) (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Kleinbergbau als nachhaltige Lebensgrundlage - Verbesserung der Situation von Frauenarbeit - Legalisierung von informellen Arbeiten - Technologische und ökologische Modernisierung - Transparenz im Handel
UNO (UNIDO/UNEP UNDP/UNCSD) (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung durch Quecksilber im Kleinbergbau auf Gold
ILO (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Bekämpfung von Kinderarbeit
EU (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologische und ökologische Modernisierung
AfDB / ADB / CDB / IDB (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Schulbildung, Aus- und Weiterbildung - Förderung nationaler geologischer Dienste - Förderung von Kartierungs- und Erkundungsprojekten
BGR / DERA / GIZ (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz im Handel / Zertifizierungssystem - Technologische und ökologische Modernisierung
SDC (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Legalisierung von informellen Arbeiten - Technologische und ökologische Modernisierung - Einführung von Sicherheits- und Gesundheitsstandards
Earthlink.e.V. (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Kampagne „Aktiv gegen Kinderarbeit“ u.a. im internationalen Kleinbergbau
Alliance for Responsible Mining (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologische und ökologische Modernisierung - Transparenz im Handel / Zertifizierungssystem - Kleinbergbau als nachhaltige Lebensgrundlage
AGC (3)	<p>Kleinbergbau auf Gold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Technologische und ökologische Modernisierung - Kleinbergbau als nachhaltige Lebensgrundlage

ORGANISATION	ARBEITSTHEMATIK
	- staatliche Anerkennung des Kleinbergbaus auf Gold
ICMM (3)	- Zusammenarbeit zwischen industriellem Großbergbau und informellem Kleinbergbau
DDI (3)	Kleinbergbau auf Diamanten: - Technologische und ökologische Modernisierung - Kleinbergbau als nachhaltige Lebensgrundlage - staatliche Anerkennung des Kleinbergbaus auf Gold
WWF(3)	- ökologische Modernisierung - Transparenz im Handel / Zertifizierungssystem
EITI (3)	- Transparenz im Handel / Zertifizierungssystem

Bergleute

Es existiert kein einheitliches Bild eines typischen Kleinbergbautreibenden. Die Abfolge der einzelnen Arbeitsgänge, die diese Bergleute durchführen ähnelt sich aber in der Regel stark. In Abbildung 14 ist anhand einer chronologischen Übersicht dargestellt welche speziellen Arbeitsabläufe mit den dazugehörigen Einzeltätigkeiten, beginnend mit dem Aufschluss der Lagerstätte bis zum Verkauf des Rohstoffs, stattfinden.

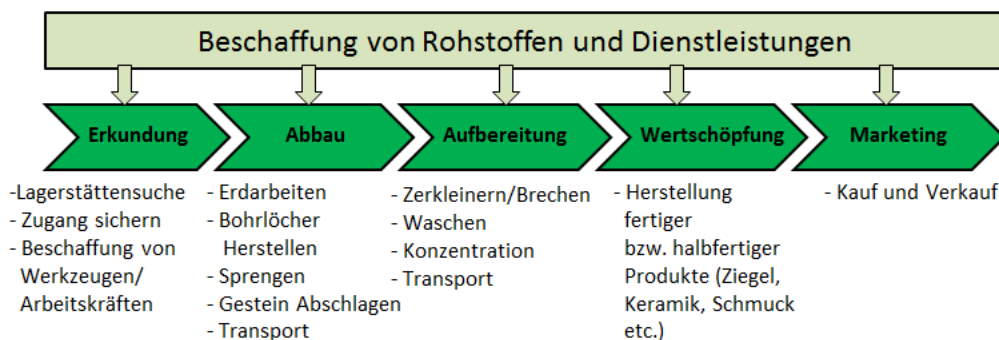


Abbildung 14: Arbeiten von Kleinbergbautreibenden (nach Eftimie, 2012)

Kleinbergbautreibende unterscheiden sich stark bezüglich der Art und Weise wie sie von der Gesellschaft ihres Landes wahrgenommen werden, sowie bezüglich ihrer Herkunft und Motivation zu dieser Arbeit. In verschiedenen Ländern, in denen seit Jahrhunderten Kleinbergbauaktivitäten existieren, haben sich bestimmte Bezeichnungen für die Bergleute in den jeweiligen Landes- oder Stammessprachen herausgebildet. Diese Art Spitznamen sind in vielen Fällen so bekannt, dass sie Teil des normalen Sprachgebrauchs geworden sind und von der Bevölkerung, unabhängig des jeweiligen Lebens- oder Arbeitshintergrundes, verstanden und verwendet werden. In vielen Fällen werden diese Bezeichnungen in einem negativen Kon-

text benutzt und werden daher häufig von den Bergleuten als Schimpfwörter wahrgenommen. Diese negative Assoziation der Namen hat ihren Ursprung durch verschiedene Auswirkungen der Kleinbergbauaktivitäten auf die Umwelt (Verschmutzung des Wassers, Verwendung von giftigen Chemikalien etc.) und die Gemeinschaft (Kinderarbeit, Ausbeutung einfacher Arbeiter, Illegalität etc.). Vornehmlich werden diese Spitznamen sowohl für illegal als auch für legal arbeitende Kleinbergbautreibende verwendet. In Anlage 6 ist eine Liste der bekanntesten Bezeichnungen, deren Bedeutung sowie deren Herkunftsland zu finden.

Privatwirtschaftliche Unternehmen

Die Gruppe der klein- und mittelständischen privatwirtschaftlichen Unternehmen stellt einen weiteren Akteur für den Kleinbergbausektor dar, der besonders im Kontext dieser Arbeit wichtig ist. Diese Firmen können einerseits die Rolle der Projektberatung und -durchführung für eine internationale Förder- und Finanzierungsorganisation übernehmen. Andererseits können sie als Investor für eine bereits aktive bzw. eine neue und noch unerschlossene Lagerstätte stehen oder als Projektpartner eines nationalen privatwirtschaftlichen Unternehmens aktiv werden (Priester, 2010). In Abbildung 15 ist diese doppelte Marktchance graphisch dargestellt.

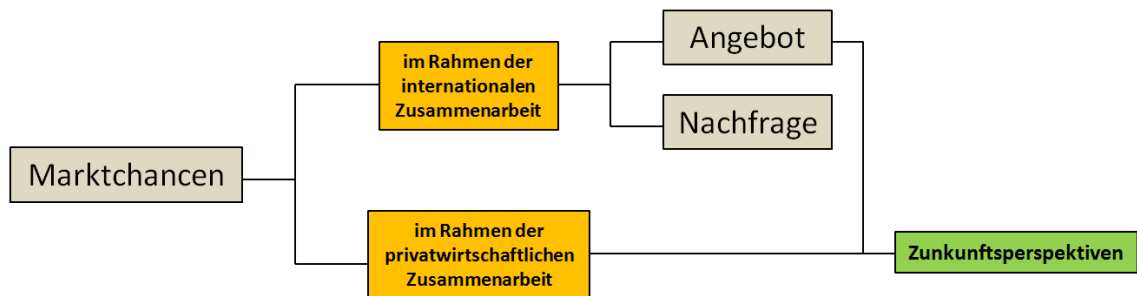


Abbildung 15: Marktchancen für deutsche Unternehmen (Priester, 2010)

Die Rolle als Spezialist für eine Förderorganisation bzw. eine staatliche Behörde tätig zu sein ist an eine entsprechende Angebot- und Nachfrage-Konstellation gekoppelt. Derartige Projekte werden in der Regel weltweit ausgeschrieben und erfordern häufig einen hohen bürokratischen Aufwand von den Unternehmen. Im Falle eines Zuschlags stellt ein solches Projekt für ein Unternehmen ein geringes wirtschaftliches Ausfallrisiko dar, da die Projektdurchführung sowie die Honorarzahlung durch die Förderorganisation abgesichert sind. Gleichzeitig unterstützen solche Aufträge die Zukunftsperspektive für die Entwicklung des Kleinbergbaulandes, weil Spezialwissen aus einem Industrieland an nationale Gegebenheiten angepasst und transferiert wird. Es ist außerdem eine Chance für das Privatunternehmen, das neben dem Projekthonorar Netzwerke aufbauen kann und eine Referenz erwirbt, um Folgeprojekte zu akquirieren. Die Investorenrolle stellt für das Unternehmen dagegen ein erhöhtes Risiko dar, weil durch verschiedene externe Faktoren (z.B. unsichere Rechtslage, Korruption, schlecht entwickelte Infrastruktur etc.) nicht sicher ist ob aus der Projektarbeit ein Gewinn erwirtschaftet werden kann. Diesem Risiko steht allerdings bei funktionie-

rendem Bergbaubetrieb und gewinnbringendem Rohstoffabsatz die Zukunftsperspektive einer langjährigen Renditeperiode entgegen. KMUs mit speziellem Know-how in Nischensektoren haben eine gute Chance im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit im Kleinbergbau zu arbeiten. Als Investor liegen ihre Marktchancen vor allem in der Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen ihrer Art (Priester, 2010).

2.1.5 Illegaler Kleinbergbau als Thema in der internationalen Politik

In der internationalen Politik wird sich mit der Thematik des Kleinbergbaus in Entwicklungsländern auseinander gesetzt und es werden Lösungsvorschläge zur Bewältigung der damit verbundenen Probleme erarbeitet. Diesem regierungsübergreifenden Politikansatz liegt ein jahrzehntelanger Entwicklungsprozess zu Grunde. In Tabelle 10 sind die Hauptentwicklungsetappen mit einer ungefähren Zeitangabe dieses Verhandlungsprozesses aufgelistet.

Tabelle 10: Entwicklung der internationalen Kleinbergbaupolitik (nach Hentschel, 2003)

JAHR	INTERNATIONALE FESTLEGUNGEN IM KLEINBERGBAU
1970er Jahre	Thema: - Definition Kleinbergbau
1980er Jahre	Thema: - Technische Fragen zum Kleinbergbau
frühe 1990er Jahre	Thema: - Integration von technischen, umwelttechnischen, rechtlichen, sozialen und wirtschaftlichen Problemen
1990er Jahr	Thema: - Legalisierung von Kleinbergbauarbeiten
Mitte bis Ende der 1990er Jahre	Thema: - Beziehung zum industriellen Bergbau; - Geschlechterproblematik - Kinderarbeit
2000er Jahre	Thema: - nachhaltige Entwicklung der Kleinbergbaugemeinschaft

Die internationale Gemeinschaft und speziell nationale Regierungen werden sukzessive auf den Kleinbergbausektor und die damit verbundenen humanitären Probleme aber auch auf die wirtschaftlichen Möglichkeiten aufmerksam. Vor allen in den letzten 20 Jahren gab es erkennbar mehr Aufmerksamkeit der inter-

nationalen Organisationen in Bezug auf strategische und finanzielle Unterstützung bei der Durchführung von Kleinbergbauprojekten (Hentschel, 2003). Es wurde und wird eine gewisse Anzahl von Kleinbergbaukonferenzen von Staatengemeinschaften, wie der *Europäischen Union* oder der *Vereinten Nationen* abgehalten. Darüber hinaus engagieren sich Staatenbündnisse in Entwicklungsländern, wie *ECOWAS* oder *CAMMA* ebenfalls sehr stark für gemeinsame, realitätsnahe und durchsetzbare Lösungskonzepte. Eine Auswahl von wichtigen internationalen Konferenzen, die speziell zum Thema Kleinbergbau veranstaltet wurden oder in denen dieses Thema als ein Unterpunkt diskutiert wurde, ist in Tabelle 11 aufgeführt. Konkrete Beschlussinhalte werden an einzelnen Konferenzbeispielen im Anschluss dargestellt.

Tabelle 11: Internationale Regierungskonferenzen zum Kleinbergbau

ORGANISATION / KONFERENZ	JAHR
CAMMA (in Kanada) - Legalisierung des Kleinbergbaus als Mittel zur Armutsbinderung	2000
UNIDO (in Japan) - Quecksilberschmutzung durch Goldbergbau	2001
CASM (in der Mongolei) - Jahreskonferenz der Kleinbergbauorganisation der Weltbank	2007
G8 Gipfel (in Deutschland) - Rohstoffverantwortung, -transparenz, -nachhaltigkeit	2007
CASM (in Mozambique) - Jahreskonferenz der Kleinbergbauorganisation der Weltbank	2007
ECOWAS (in Nigeria) - Harmonisierung der Gesetze und Richtlinien im Bergbausektor	2009
Vereinte Nationen - Nachhaltigkeitskommission (in den USA) - Quecksilber im Kleinbergbau auf Gold	2010
Europäische Union (in Belgien) - Konferenz EU-Afrika Partnerschaft – Übertragung des Rohstoffreichtums in Entwicklung für Afrika	2012
UNCTAD – Konferenz der UNO zu Handel und Entwicklung (in der Schweiz) - Intergouvernementales Forum für Bergbau, Mineralien, Metalle und nachhaltige Entwicklung	2012

Das *G8 Gipfeltreffen in Heiligendamm 2007* fällt in die letzte aufgelistete Entwicklungsetappe in der es um die nachhaltige Entwicklung der Kleinbergbaugemeinschaft geht und die in den 2000er Jahren begann und bis heute anhält. Die Länder Kanada, Frankreich, Deutschland, Italien, Japan, Russland, Großbritannien

und die USA haben sich auf dieser Konferenz zum Thema „Wachstum und Verantwortung der Weltwirtschaft“, unter der Rubrik 80-87 „Verantwortung für Rohstoffe: Transparenz und nachhaltiges Wachstum“ speziell zum Kleinbergbau verständigt (G8 Summit, 2007). Die tagenden Länder gehören alle zur Kategorie der Industrieländer und sind national nicht direkt durch die Probleme des Kleinbergbaus betroffen. Sie nehmen daher die Rolle als Berater und Finanzier von Maßnahmen zur Verbesserung des internationalen illegalen und ungeordneten Kleinbergbaus ein.

Die wichtigsten Inhalte der gemeinsam getroffenen Absprachen sind Folgende (G8 Summit, 2007):

- Rohstoffreichtum muss Armut lindern; Konflikte vorbeugen und Nachhaltigkeit von Rohstoffproduktion und -verteilung verbessern,
- Freie, transparente und offene Märkte sind Voraussetzung,
- Vermeidung von sozialen und umwelttechnischen Problemen des artisanalen Kleinbergbaus durch bessere Unterstützung:
 - unterstützende Partnerschaften zwischen Öffentlichkeit, Zivilgesellschaft und privaten Akteuren fördern um Systeme aufzubauen die transparente Verwendung von Finanzmitteln für lokale Entwicklungsprojekte garantieren,
 - Unterstützung einer Pilotstudie in Zusammenarbeit mit der Weltbank zur Thematik der Zertifizierung von Rohstoffen,
 - Verstärkung der Unterstützung von Gemeinden und Kleinbergbauinitiativen (CASM, DDI) die durch den Kimberley Prozess für stärkere Position im Diamantenkleinbergbau in Afrika entstanden sind,
 - Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen um Umweltverschmutzungen durch artisanalen Kleinbergbau entgegenzuwirken (z.B. Einsatz von Retortensystemen).

Ein anderes Beispiel, das ebenfalls laut Tabelle 11 in die letzte Entwicklungsetappe des internationalen politischen Engagements zum Thema Kleinbergbau einzuordnen ist, ist die Konferenz einer afrikanischen Wirtschaftsorganisation. *ECOWAS (Economic Community of West African States)* ist eine Wirtschaftsgemeinschaft, in der 15 westafrikanische Staaten Mitglied sind (ECOWAS, 2012). In allen Mitgliedsländern ist der illegale und ungeordnete Kleinbergbau präsent und stellt ein Problem dar. Daher wird versucht eine Vorgehensweise mit der Bewältigung bzw. Weiterentwicklung dieses Industriesektors zu erarbeiten. Die Stellungnahme der 62. Ordentlichen Versammlung des Ministerrates zum Thema „Harmonisierung der Gesetze und Richtlinien im Bergbausektor“ führte zu folgender Festlegung im allgemeinen Umgang mit dem Kleinbergbau (ECOWAS, 2009):

- alle Mitgliedsstaaten sollen angemessene Rechte einführen um Kleinbergleuten Sicherheit, Effizienz und nachhaltigen Schutz der Umwelt zu ermöglichen,
- Mitgliedsstaaten sollen Maßnahmen ergreifen um rechtliche, wirtschaftliche und technische Aufsicht aufzubauen die Arbeits- und Lebensbedingungen der Kleinbergleute verbessert,
- Garantie für friedliches Zusammenleben zwischen industriellem Großbergbau und artisanalem Kleinbergbau.

Die südamerikanische Organisation CAMMA, die ein Bergbaupolitikforum auf Ministerialebene ist und 23 südamerikanische und zentralamerikanische Länder vertritt, beschäftigt sich hauptsächlich mit der nachhaltigen Entwicklung der Rohstoffe (CAMMA, 2012). Demnach ist diese Organisation ebenfalls in die letzte Entwicklungsstufe des Kleinbergbausektors einzuordnen. Unter anderem unterhielt diese Organisation einen Workshop zum Thema „Legalisierung des Kleinbergbaus als Mittel zur Armutsbeseitigung“. Die wichtigsten Punkte der erarbeiteten Handlungsempfehlungen lauten wie folgt (CAMMA, 2000):

- Bergbaubehörden sollten Wirtschaftsbehörden um folgende Informationen bitten:
 - Förder- und Finanzierungsprogramme von multinationalen Organisationen wahrnehmen (wie z.B. Kredite für Kleinbergbauentwicklung, Aus- und Weiterbildungsprogramme, Institutionsbildung im Bereich Regierungsbehörden),
 - Nationale Geldmittel vermehrt für Unterstützung des Kleinbergbaus einsetzen, vor allem für Arbeitsabläufe staatlicher Bergbauorganisationen,
- Kontinuität von Förderprogrammen und Kleinbergbaupolitik garantieren um bestmöglichstes Ergebnis aus Finanzierung durch öffentliche Gelder zu erzielen,
- Mechanismus erarbeiten der Preisstabilität von Kleinbergbauerzeugnissen zur Folge hat,
- Mechanismus zur Legalisierung des Sektors erarbeiten,
- Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsstandards erarbeiten und durchsetzen,
- Unterstützung des Sektors hinsichtlich Entwicklung der Organisationsstruktur, bessere Ausrüstung, Wettbewerbsfähigkeit, Kostenreduzierung, besseren Marktzugang.

2.1.6 Aktuelle Entwicklungsphänomene im Zusammenhang mit illegalem Kleinbergbau

Im illegalen Kleinbergbau in Entwicklungs- und Schwellenländern sind verschiedene negative Entwicklungsphänomene zu beobachten. Dazu zählen unter anderem Gewalt, Menschenrechtsverletzungen, Verletzungen des humanitären Völkerrechts und Umweltzerstörung, beispielsweise durch Quecksilberemission. In diesem Abschnitt wird dazu exemplarisch über Konfliktminerale und der Konkurrenzsituation zwischen Groß- und Kleinbergbauaktivitäten informiert (bpb, 2013).

Konfliktminerale sind Rohstoffe, die im Kontext einer oft gewaltsamen Auseinandersetzung abgebaut, aufbereitet und gehandelt werden. Es wird speziell von Rohstoffkonflikten gesprochen, wenn mindestens eine Konfliktpartei

- Gewalt anwendet um die Kontrolle über Rohstoffen zu erlangen oder
- Gewalttaten aus dem Abbau und Verkauf von Rohstoffen finanziert (bpb, 2013).

Im Zusammenhang mit dem illegalen Kleinbergbau in Entwicklungs- und Schwellenländern lässt sich die Wertschöpfungskette von Konflikt- oder Blutmineralen wie in Abbildung 16 dargestellt, erklären.

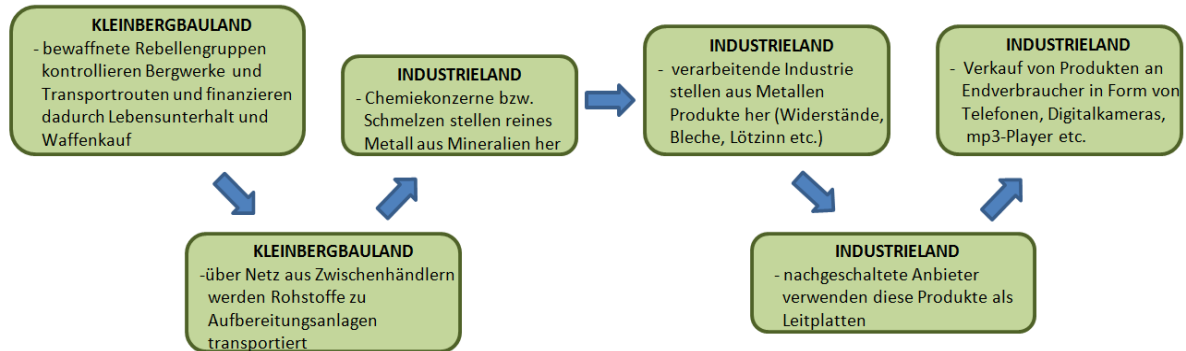


Abbildung 16: Wertschöpfungskette Konfliktminerale (nach Enough Project Team et al., 2009)

Kleinbergbaulagerstätten werden durch Rebellengruppen kontrolliert. Die illegal abgebauten Rohstoffe werden an Industrieländer verkauft und aus dem daraus gewonnenen Erlös finanzieren sich die Rebellengruppen. Bekannte Beispiele sind in diesem Kontext die Rebellengruppe *FARC* aus Kolumbien, die im illegalen Goldbergbau aktiv ist, oder afrikanische Warlords aus dem Kongo, die mit illegal gefördertem Coltanerz Geschäfte machen.

Ebenfalls ein hohes Konfliktpotenzial birgt das Zusammentreffen von illegalen Kleinbergbauaktivitäten und industriellem Großbergbau auf ein und derselben Lagerstätte in sich. Illegale Kleinbergbausiedlungen bilden sich häufig in abgelegenen Gebieten auf höffigen Lagerstätten. Erwirbt ein Großbergbauunternehmen vom Staat eine Bergbaulizenz auf dieselbe Lagerstätte entsteht eine direkte Konkurrenzsituation. In vielen Fällen werden die Kleinbergbautreibenden zwangsumgesiedelt, ihre Infrastruktur wird zerstört und sie verlieren ihre Arbeits- und Lebensgrundlage. Aus dieser Erfahrung entsteht Misstrauen und Unmut der Kleinbergbautreibenden gegenüber dem Bergbauunternehmen. Diese Situation führt soweit, dass massive Boykottaktionen durchgeführt werden. Beispielsweise können Zufahrtstraßen blockiert werden, Protestmärsche organisiert werden, gewalttätige Ausschreitungen gegen Angestellte des Bergbauunternehmens stattfinden oder es kann weiter illegal auf der Lagerstätte gearbeitet werden (Davidson, 1998).

Beide beschriebene Konfliktsituationen stellen typische aktuelle Phänomene im illegalen Kleinbergbau dar. Lösungen können nur durch eine gezielte Zusammenarbeit der einflussreichen Stakeholder im Kleinbergbau erarbeitet werden. Dazu zählen der Staat, internationale Organisationen, Privatunternehmen und Kleinbergbautreibende. Nur diese Akteure zusammen besitzen die Erfahrung, die Legitimierung, die finanziellen Mittel und den unmittelbaren Situationsbezug um gezielt einzugreifen und etwas zu verändern. Im Zuge der Lösungsfindung ist es jedoch unabdingbar die Gesamtsituation des Kleinbergbausektors zu erfassen. Der folgende größere Abschnitt gibt dazu einen umfassenden Überblick.

2.2 Haupteinflussfaktoren des illegalen Kleinbergbaus in Entwicklungs- und Schwellenländern

2.2.1 Detaillierte Darstellung anhand von Einflussfaktoren

Es existiert eine Reihe von externen und internen Einflussfaktoren die für Kleinbergbauaktivitäten von großer Relevanz sind. Um die Situation von Kleinbergbaustandorten richtig analysieren und verändern zu können, müssen diese Einflussfaktoren bekannt sein. Darüber hinaus besteht ein komplexes Beziehungsgeflecht zwischen den einzelnen Faktoren, das verschiedene Auswirkungen auf die Art und Weise der Rohstoffgewinnung hat (Priester, 1997).

In der Monographie „*Tools for Mining*“ (Werkzeuge im Bergbau) verdeutlichen *Priester* und seine Co-Autoren *Hentschel* und *Benthin* (1993) die ganzheitliche Wechselbeziehung zwischen dem Kleinbergbau bzw. den Kleinbergbautreibenden und der direkten Umgebung, die sich in Form von Natur, Kultur, Menschen, Technologie und Wirtschaft darstellt. Der Bergbau beeinflusst die Natur durch die Ausbeutung der natürlichen Ressourcen und die damit einhergehende Zerstörung der Umwelt. Die Menschheit und ihre Kulturen stehen stark mit dem Bergbau in Verbindung. Die Förderung und Verarbeitung von Bodenschätzen hat Kulturen stark wirtschaftlich geprägt und hat zu ländlicher und technischer Entwicklung geführt. Diese und weitere Zusammenhänge zwischen Kleinbergbauaktivitäten und dem Mensch hat *Priester et al.* (1993) in einem Diagramm (Abbildung 17) durch ein klares Zuordnungssystem dargestellt.

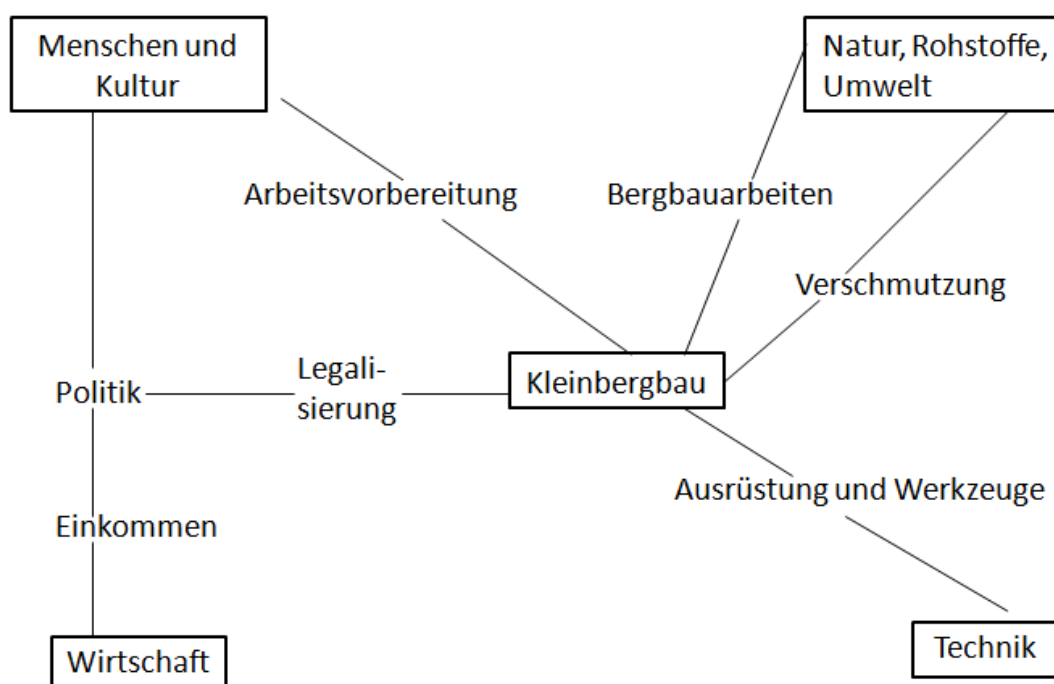


Abbildung 17: Wechselbeziehungen Kleinbergbau und Umfeld (nach Priester et al., 1993)

Der nächste spezifischere Schritt in der Beziehungsdarstellung zwischen Kleinbergbauaktivitäten und deren Einflussfaktoren ist die Erklärung des sogenannten Teufelskreises. In Abbildung 18 ist diese Darstellungsvariante als Reaktionskreis von aufeinanderfolgenden Handlungen beschrieben.



Abbildung 18: Teufelskreis im Kleinbergbau (nach Wall et al., 2010)

Wall et al. (2010) erklärt mittels dieser Abbildung folgendes Szenario, das in ähnlicher Art bei Priester et al. (1997) ebenfalls erklärt wird. Die geringe Produktionsmenge im Kleinbergbau führt dazu, dass die Bergleute wenig Gehalt aus ihrer Arbeit beziehen können und deshalb aus wirtschaftlicher Sicht eine sehr geringe Rendite haben und sehr wenig bis gar nichts von dem erwirtschafteten Geld in Form von Rückstellungen sparen können. Daraus resultiert die Tatsache, dass der Kleinbergbaubetrieb nicht weiterentwickelt werden kann. Es existiert keine Möglichkeit neue Werkzeuge und moderne Ausrüstung zu kaufen und somit die Arbeitsbedingungen im Bergbau zu erleichtern. In diesem Zusammenhang ist es unrealistisch grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsstandards, wie die Einführung von Bewetterungssystemen unter Tage oder die Verteilung von persönlicher Sicherheitsausrüstung einzuführen und durchzusetzen. Die einfach zugänglichen Rohstoffreserven nehmen ab und es kommt zu ungeplanten und destruktiven Bergbauarbeiten. Priester et al. (1997) verdeutlicht darüber hinaus, dass einhergehend mit dieser Entwicklung die Möglichkeit stetig sinkt einen Bankkredit zu erhalten. Aus Mangel an Investitionskapital ist auch die Eindämmung von Umweltbelastung durch Bergbauaktivitäten nicht durchführbar, denn es geht den Bergleuten in erster Linie um ihren Verdienst der ihnen und ihren Familien als einzige Lebensgrundlage dient. Letztendlich führt diese Arbeitssituation im Bergbau dazu, dass die Kleinbergbautreibenden keine Akzeptanz in der Gesellschaft haben. Daraus folgt, dass die Regierung diese Aktivitäten verbietet und somit der Kleinbergbau illegal weiterbetrieben wird.

Die Darstellung des Teufelskreises im Kleinbergbau wird durch *Nötstaller* und *Jaques et al. (2005)* weiter konkretisiert. In einem ersten Schritt unterscheiden beide Hemmnisse die der Kleinbergbau durch Bergbaubehörden erleidet und stellen diese zusammenfassend in einem ähnlichen Schema da. In Abbildung 19 ist zu erkennen, dass den zuständigen Behörden die operativen Mittel (Personal, Transportfahrzeuge, Reisebudget) für ein effizientes Handeln fehlen. Daher ist es unmöglich von staatlicher Seite flächendeckend Kleinbergbauaktivitäten zu überwachen. Weil die Kleinbergbautreibenden wissen, dass sie keine strengen Kontrollen zu befürchten haben, steigen die illegale Förderung und der illegale Verkauf von Rohstoffen. Die Bergbauarbeiten werden nur mit unzureichenden Sicherheitsstandards durchgeführt und die Umwelt wird durch Abbau- und Aufbereitungsprozesse stark belastet. *Nötstaller* und *Jaques et al.* stellen fest, dass der Staat ohne einen regulierten Kleinbergbausektor keine Steuereinnahmen von diesen Arbeiten erwarten kann und deshalb zwangsläufig die Haushaltsmittel für die Bergbaubehörden fehlen, die für die Bereitstellung von Personal für Kontrollmaßnahmen dieses Sektors benötigt werden.

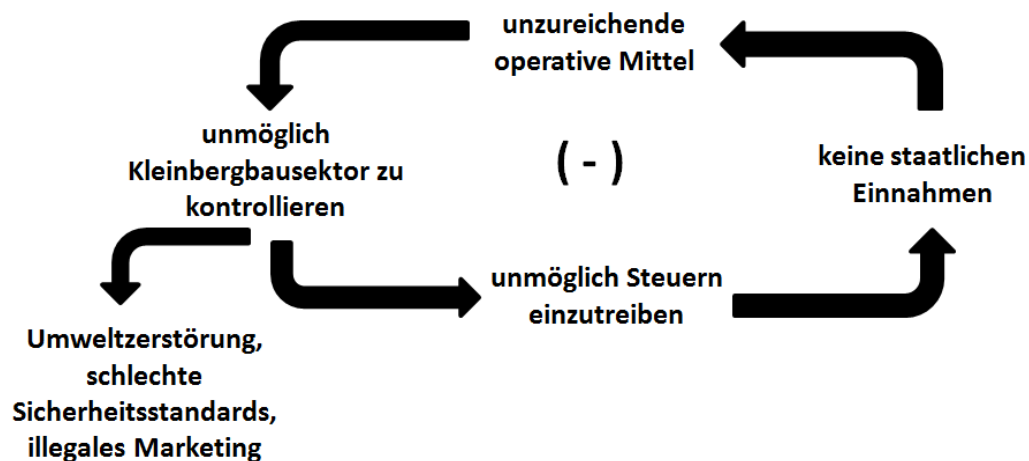


Abbildung 19: Dilemma der Bergbaubehörden (nach Nötstaller, 1995)

Als ein weiteres Hemmnis sehen beide Autoren die Arbeitsbedingungen der Kleinbergbautreibenden. Ihnen stehen nur sehr einfache technische Geräte und Werkzeuge für den Bergbau zur Verfügung. Aus diesem Grund ist die Ausbringungsmenge und somit die Produktivität sehr gering. Daraus resultiert wiederum ein geringes Einkommen und die Unfähigkeit Rücklagen zur Anschaffung von Werkzeugen zu bilden. Einhergehend mit dieser Situation sind schlechte Gesundheits- und Sicherheitsbedingungen während der Arbeit sowie die Beeinträchtigung der Umwelt. Abbildung 20 verdeutlicht diese weitere Teufelskreissituation.

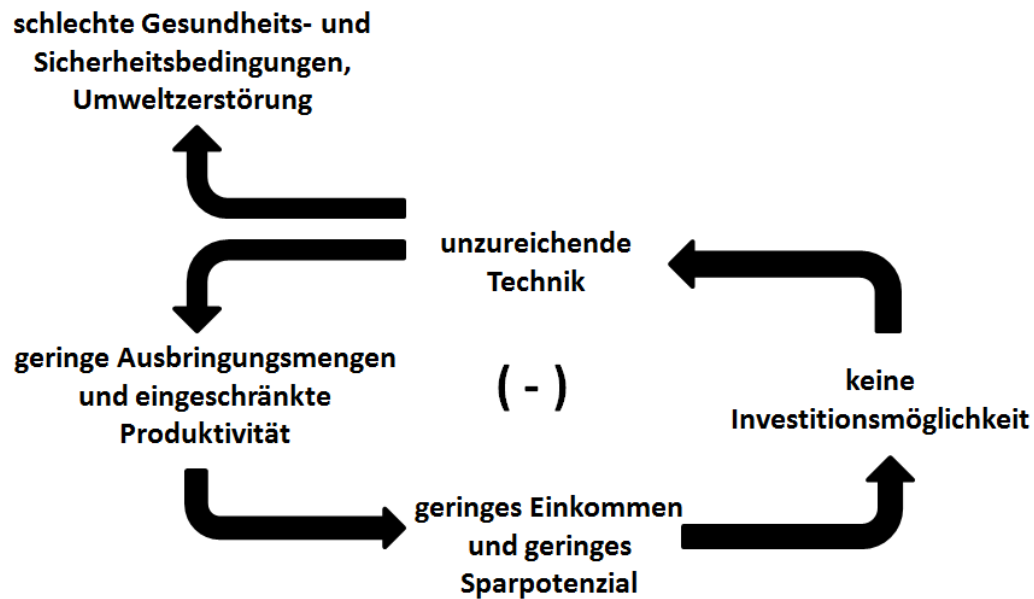


Abbildung 20: Dilemma der Kleinbergleute (nach Nötstaller, 1995)

Als Lösungsvorschlag beider Teufelskreise geben sowohl *Nötstaller* als auch *Jacque et al.* an, dass die Regierung mit umfassenden Unterstützungsmaßnahmen eingreifen muss. In Abbildung 21 wird dieser Weg über die Finanzierung von technischen Neuerungen von staatlicher Seite aufgezeigt. Wie ein Dominoeffekt würde sich die Produktivität erhöhen, es könnten Steuern gezahlt werden, der Staat könnte höhere Einnahmen erhalten und einen Teil dieser in die weitere Unterstützung des Kleinbergbausektors stecken.

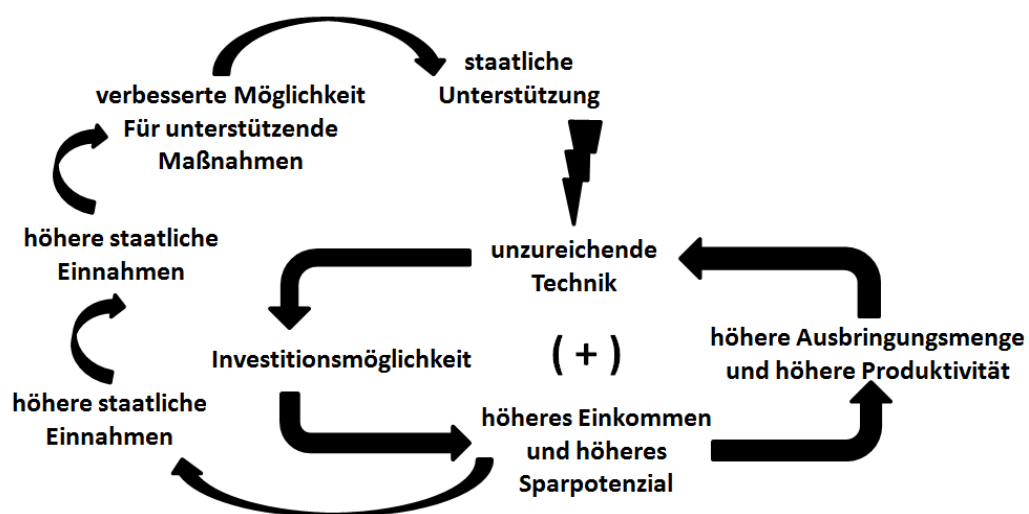


Abbildung 21: Lösung der Dilemmasituation (nach Nötstaller, 1995)

Nachdem in diesem ersten Abschnitt die wichtigsten Einflussfaktoren, die im internationalen Kleinbergbau eine entscheidende Rolle spielen, genannt und in Verbindung gesetzt wurden, wird in den folgenden sieben Abschnitten jeder einzelne Faktor separat definiert und anhand von Länderbeispielen bzw. Lösungsansätzen erörtert. Als wichtigste Erkenntnis in diesem Abschnitt wird die Tatsache verstanden, dass kein Einflussfaktor verändert und weiterentwickelt werden kann, ohne dass die anderen Faktoren mit einbezogen und ebenfalls einer gesteuerten Veränderung unterzogen werden. Illegaler Kleinbergbau in Entwicklungs- und Schwellenländern kann ausschließlich durch solch einen integrierten Ansatz erfolgreich positiv beeinflusst werden (Hentschel et al. 2003).

2.2.2 Einflussfaktor – Politik

Hentschel et al. geht davon aus, dass nur eine konsequent verfolgte politische Linie eine dauerhaft legale und nachhaltige Entwicklung des Kleinbergbausektors ermöglicht. Die politische Integration dieses Bergbauzweiges in das offizielle nationale Wirtschaftsgeschehen geht einher mit der infrastrukturellen Erschließung des ländlichen Lebens- und Arbeitsraumes. Zur Verdeutlichung einer strategischen Kleinbergbaupolitik dient ein Viersäulenmodell der verantwortungsvollen Regierungsführung. Dieses entwickelte Modell besteht aus folgenden Inhalten (Hentschel et al., 2003):

- | | |
|-----------------|--|
| 1. Säule | Armutsbekämpfung: <ul style="list-style-type: none">• regionale Wirtschaftsentwicklung durch die Koordination von Maßnahmen zwischen Regierungsinstitutionen, Bergleuten und Organisationen der Bergbaugemeinden. |
| 2. Säule | Nachhaltigkeit garantieren: <ul style="list-style-type: none">• Risikominimierung durch Einführung von Umweltschutz- und Arbeitssicherheitsrichtlinien,• verantwortungsvolles Rohstoffmanagement. |
| 3. Säule | Stabilisierung des volkswirtschaftlichen und steuerrechtlichen Systems: <ul style="list-style-type: none">• nachhaltiges Management von Bergbausteuerereinnahmen,• Schaffung eines Wertzuwachses der nationalen Rohstoffproduktion,• Bekämpfung des Schwarzmarktes. |
| 4. Säule | Verbesserung des Wirtschaftsklimas für legalen Kleinbergbau: <ul style="list-style-type: none">• rechtliche Anpassung,• Schaffung von Anreizen legalen Kleinbergbau zu betreiben,• Errichtung von Verwaltungsstrukturen,• Einführung von Beratungsdiensten. |

Zur Umsetzung dieses Modells werden verschiedene Handlungsempfehlungen angeboten (Hentschel, 2003):

- nachfrageorientierte Verwaltungsstrukturen entwickeln, die Regelungen zu rechtlichen, technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Belangen treffen,
- System erarbeiten das Anreize für legale Kleinbergbautätigkeiten gibt (z.B. Steuervergünstigungen für neue Firmen, Ausnahmeregelungen bei Importzöllen, Zugang zu Finanzierungsmodellen, freie Märkte, verbesserte Exportmöglichkeiten),
- Integration aller relevanten Regierungsinstitutionen im Bereich Politikumsetzung (Finanzministerium, Bergbauministerium, Behörden für Sozialen, regionale Verwaltung),
- Erarbeitung eines an die Situation angepassten und transparenten Rechtssystems,
- Durchführung von regelmäßigen Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung der Gesetze und Verhängung von Sanktionen bei Verstößen,
- gezielte Unterstützung von privatwirtschaftlichen Unternehmen.

Essentielle Voraussetzung dafür, dass politisch Entscheidungen zur Verbesserung der Kleinbergbausituation greifen können sind klare, direkte und problemlose Kommunikationswege von der Regierungsebene bis zum Bergbautreibenden. Auf der staatlichen Seite gibt es festgelegte Strukturen, die sich aufteilen in industrierelevante Ministerien, nationale Bergbaubehörden und regionale Direktionen. Im Unterschied dazu gibt es auf der privatwirtschaftlichen Seite oft keine strukturierte hierarchische Organisation und demzufolge keinen direkten Ansprechpartner für die politischen Entscheidungsträger (Hentschel et al., 2003). *Hentschel et al.* schlägt zur Lösung dieses Problems die Gründung von Industrie- und Handelskammern bzw. von speziellen Bergbaukammern vor. Eine solche Institution übernimmt folgende Hauptaufgaben (Hentschel et al., 2003):

- Quelle für Informationen und Unterstützung bei rechtlichen, steuerlichen, institutionellen und verwaltungstechnischen Fragen,
- Verbindungen zu ausländischen Märkten herstellen (Extraktion, Ausbereitung, Marketing, Export),
- Angebot von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen,
- Interessenvertretung und Sprachrohr für Änderung von Gesetzen, Deregulierung des Markts oder für Exporterleichterungen,
- Hilfestellung bei Legalisierungsprozessen von Kleinbergleuten und Einflussnahme des informellen Sektors,
- Werbeplattform und Imageförderer des Kleinbergbausektors.

In der Praxis wurde Teile dieses Konzepts beispielsweise im illegalen Kleinbergbausektor in Bolivien, Ghana und der Mongolei angewandt. Anlage 3 (Gliederungspunkt 3), Anlage 4 (Gliederungspunkt 4) und Anlage 7 (Gliederungspunkt 4) enthalten jeweils detaillierte Aufstellungen der verschiedenen Organisationsformen im bolivianischen, ghanaischen und mongolischen Kleinbergbau.

2.2.3 Einflussfaktor – Recht

Die rechtliche Situation im internationalen Kleinbergbau ist vor allem durch die Illegalität des Sektors gekennzeichnet.

Generell können für jedes Land, in dem Bergbau betrieben wird, industriespezifische Gesetze verschiedener gesellschaftspolitischen Ebenen von Relevanz sein. Diese Ebenen sind das internationale Völkerrecht, Recht von Staatengemeinschaften (z.B. für Mitglieder der Europäischen Gemeinschaft – Europarecht) und das nationale Recht. In der Regel gilt aber das Subsidiaritätsprinzip, das besagt eine übergeordnete gesellschaftspolitische Ebene übernimmt nur dann die Regelung eines Gesetzes, wenn die untere Ebene dieser nicht nachkommen kann (Schubert, 2011). Viele Entwicklungsländer in denen es aktiven Kleinbergbau gibt verfügen über kein oder ein nur in rudimentären Zügen vorhandenes Bergbaugesetz. Durch internationale Förder- und Menschenrechtsorganisation, wie die *Vereinten Nationen (UNO)*, die *International Labour Organisation (ILO)* oder die *Weltbank* wird diesen Ländern die Einführung und Durchsetzung der wichtigsten übergeordneten internationalen Bergbaurichtlinien empfohlen. Die tatsächliche Annahme dieser internationalen Grundstandards geschieht auf freiwilliger Basis. Als wichtigste Bergbaurichtlinien gelten die *Konventionen Nr. 45, 124, 138, 148* sowie die *Konvention Nr. 176* in Verbindung mit der konkretisierenden *Empfehlung R 183*. Diese fünf internationalen Bergbaurichtlinien wurden auf der Grundlage des Völkerechts durch die *ILO* in Genf erarbeitet und verabschiedet. Die Inhalte der Konventionen betreffen die Beschäftigung von Frauen unter Tage, das Mindesteintrittsalter für untertägigen Bergbau und verschiedene Arbeitsschutzstandards. Das Ziel dieser Konventionen ist es, die Entwicklungsländer zu animieren, diese einzuführen und auf deren Grundlage eigene nationale Bergbaugesetze, technische Standards, Richtlinien und Verfahrensregeln zu entwickeln und daran zu koppeln bzw. damit zu ersetzen. Es gibt weiterhin speziell für den internationalen untertägigen Kohlenbergbau sowie für Bergbauaktivitäten im Tagebau eine Sammlung von praktischen Verhaltensregeln, den sogenannten *Code of Practice*. Darin sind vor allem Sicherheits- und Gesundheitsstandards geregelt. In Anlage 8 sind die wichtigsten Inhalte dieser genannten Bergbaurichtlinien in Tabellenform zusammengefasst.

Nachdem die Rechtsgrundlage für Kleinbergbauaktivitäten erarbeitet wurde, ist die Aufgabe der Regierungen in Ländern in denen illegaler Kleinbergbau vorherrscht, einen länderspezifischen Legalisierungsprozess zu initiieren. Dazu sind folgende Maßnahmen erforderlich (D’Souza, 2005):

- Zuteilung von bestimmten und geologisch geeigneten Kleinbergbaugebieten,
- Aufbau einer dezentralen und unabhängigen Lizenzierungsbehörde,
- Anwendung des „Windhund-Verfahrens“ bei der Konzessionsvergabe,
- Gewährleistung eines übertragbaren Konzessionsrechts um Zahlungsfähigkeit zu garantieren,
- Einführung eines Katastersystems,

- Eindämmung illegaler Verkäufe,
- Unterstützung des Aufbaus von Kleinbergbauorganisationen und Kooperativen,
- Stabilisierung des Arbeitsangebots auf dem Land,
- Eindämmung von Umwelt-, Sozial-, Sicherheits- und Gesundheitsproblemen,
- Unterstützung bei der Neubeschäftigung von einheimischen Kleinbergbautreibenden (vor allem in Konfliktgebieten),
- Schutz von indianischen Minderheiten,
- Lösung von Konflikten um Besitz- und Abbaurecht,
- Förderung der Kooperation mit industriellem Bergbau,
- Schaffung von Anreizen bei Legalisierungsbemühungen und Gesetzeseinhaltungen.

Zur Erarbeitung und Durchsetzung dieser grundlegenden rechtlichen Strukturen schlägt *Hentschel et al.* vor, private Consultingunternehmen aus dem Ausland bzw. Nichtregierungsorganisationen zu beauftragen.

In der Praxis steht ein solcher Legalisierungsprozess vielen regierungsinternen Hürden gegenüber. Persönliche Interessen wie Korruption, Geldwäsche und andere privaten Interesse können Hindernisse darstellen und den Prozess sogar zum Scheitern bringen (Hentschel et al., 2003).

Von Seiten der illegal arbeitenden Kleinbergbautreibenden kann es auch zu Gegenbewegungen des Legalisierungsprozesses kommen. *Hentschel et al.* nennt in diesem Zusammenhang dafür folgende häufig auftretende Gründe:

- anspruchsvoller Verwaltungsaufwand gegen niedriges Bildungsniveau,
- aus Gewohnheit und in traditionellen Gemeinschaften fehlender Wille zu legaler Tätigkeit,
- keine wirkungsvollen Anreize von staatlicher Seite,
- kleine Konzessionsgebiete,
- Angst vor Steueraufkommen,
- Verlust der Flexibilität bezüglich Abbautätigkeit und Rohstoffverkauf,
- fehlende staatliche Durchsetzungs- bzw. Kontrollmechanismen sind zu erwarten.

Es gibt kein pauschales Erfolgsrezept um den illegalen Bergbau zu legalisieren. Das liegt unter anderem daran, dass die einschlägigen Entwicklungsländer, die dieses Problem teilen, häufig ein komplett unterschiedliches politisches, rechtliches und wirtschaftliches System haben. Häufig auftretende Strategien lassen sich dennoch recherchieren. Dazu zählt die Errichtung von Freihandelszonen, die Festlegung von speziellen Konzessionsgebieten für Kleinbergbauaktivitäten oder zentrale Aufbereitungsanlagen und Verkaufsmöglichkeiten (Hentschel et al, 2003).

Die Regierung des westafrikanischen Landes Ghana hat mit Hilfe ausländischer Bergbauexperten und mittels finanzieller Unterstützung durch ein Förderprojekt der Technischen Zusammenarbeit von Seiten der Deutschen Regierung bereits 1989 einen Gesetzestext zur Legalisierung der illegal tätigen Bergbautreibenden im Goldbergbau vorangetrieben. Seit 2006 existiert eine erweiterte Version dieses Gesetzes, die den Kleinbergbau auf alle Rohstoffarten regelt. In Anlage 7, Tabelle 1 sind die wesentlichen Aussagen beider Gesetze in Form einer tabellarischen Gegenüberstellung erklärt.

2.2.4 Einflussfaktor – Wirtschaft

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Kleinbergbauaktivitäten ergibt sich zwangsläufig aus der Diskussion über Weiterentwicklungsmöglichkeiten dieses Sektors und wird im Folgenden durch Fakten und einem anschaulichen Modellansatz beantwortet.

Stewart (1989) beschäftigt sich aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit der Thematik inwiefern die Größe einer Bergbaulagerstätte und der Technisierungsgrad der Bergbauarbeiten in Entwicklungsländern Einfluss auf die Entwicklungsziele dieser Länder haben. Als These formuliert er folgenden Sachverhalt: Der industrielle Großbergbau setzt einen hohen Kapitaleinsatz voraus, generiert dem Staat Einnahmen aus Steuern und Abgaben und befindet sich in den meisten Fällen in ausländischem Besitz. Der Kleinbergbau dagegen ist sehr arbeitskräfteintensiv, weil alle Arbeiten in manueller und teilmechanisierter Form ablaufen und generiert aus diesem Grund einem Entwicklungsland einen größeren Nutzen.

Stewart ist weiter der Meinung, dass wenn der Entwicklungsgrad der Bergbauaktivitäten nicht mit dem nationalen Wettbewerbsvorteil eines Landes übereinstimmt, hier: billige Arbeitskräfte, dann kann diese Tätigkeit nicht optimal zur nationalen Wirtschaftskraft beitragen.

Drei bestimmte Faktoren, die besonderen Einfluss auf die Wirtschaft eines Entwicklungslandes haben, können nach *Stewart* klar identifiziert werden. Das sind das Besitzrecht der Lagerstätte und Bergbauunternehmung (einheimischer oder ausländischer Besitzer), der verwendete Technologiegrad (kapitalintensiv oder arbeitsintensiv) und die Größe bzw. der Umfang der Bergbautätigkeit. In Abbildung 22 wird dieser Sachverhalt in einem Diagramm dargestellt. Danach lohnt es sich z.B. aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten kleine Lagerstätten, die einen hohen Mineralgehalt aufweisen, mittels arbeitsintensiven Kleinbergbaumethoden abzubauen (Variante 1). Flächenmäßig große Lagerstätten, die über einen geringeren Rohstoffgehalt verfügen sind wiederum ideal für kapitalintensive Großbergbauprojekte (Variante 2). Im Fall dass eine große Lagerstätte mit einer großen Höffigkeit vorliegt muss entschieden werden, ob die arbeitsintensive Variante 1 gewählt wird, die zwar eine niedrigere Effektivität, d.h. den Verlust von Rohstoffen, aber dafür eine höhere nationale Nettowertschöpfung erzielt oder aber Variante 2, die kapitalintensiv ist und

somit eine höhere Effektivität schafft, aber andererseits einen geringe nationale Nettowertschöpfung generiert.

Stewart führt aus, dass auch eine „Hybridvariante“ möglich ist. Das bedeutet aus einer arbeitsintensiven Abbauparadigma kann durch Entwicklung und Einführung von moderneren Maschinen Schritt für Schritt eine kapitalintensivere Variante werden.

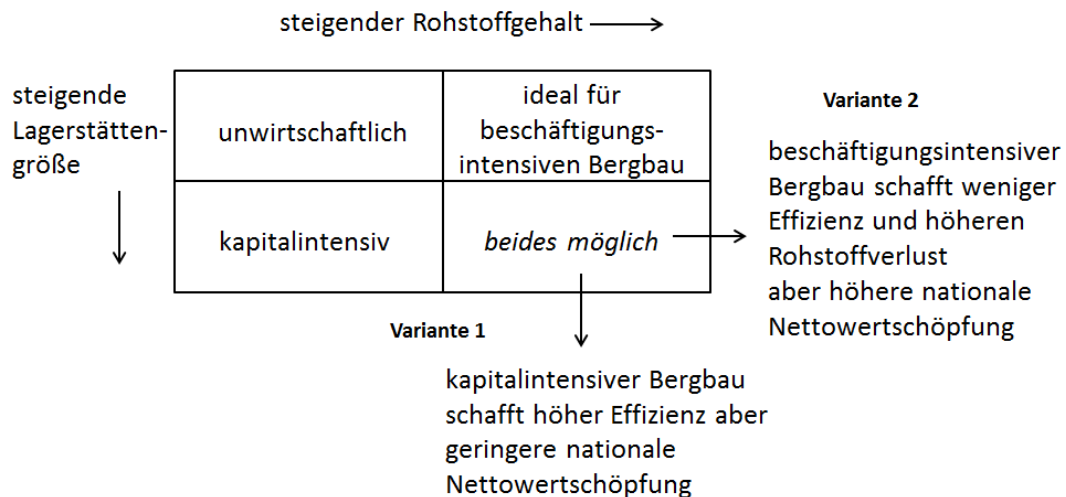


Abbildung 22: Beziehungsmodell (nach Stewart, 1989)

Als Fazit formuliert *Stewart*, dass die Entwicklungsländer bei jedem Bergbauprojekt entscheiden müssen, ob es mit den eigenen zur Verfügung stehenden finanziellen, technischen und materiellen Möglichkeiten machbar ist selbst Bergbau zu betreiben, oder ob es wünschenswert ist mit ausländischen Großbergbauunternehmen zusammenzuarbeiten.

In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es für Kleinbergbautreibende keinen Anreiz ihre Rohstoffe offiziell und legal auf dem nationalen Markt zu verkaufen. Alle Rohstoffe haben einen Weltmarktpreis und ein großer Anteil davon wird an Industrieländer verkauft. Die Landeswährungen einiger Entwicklungs- und Schwellenländer sind überbewertet und Waren haben verzerrte Preise. Eine überbewertete Währung hat zur Folge, dass der offizielle Umtauschkurs nicht mit den Preisen für Waren und Dienstleistungen übereinstimmt, die im Land verkauft werden. Demzufolge erhalten die nationalen Hersteller vergleichsweise einen geringeren Verkaufserlös aus Exporten in ihrer Landeswährung als sie erhalten könnten, wenn der weltmarktbedingte Umtauschkurs angelegt werden würde. Hinzu kommt häufig noch das Problem der eingeschränkten Verfügbarkeit von Devisen. Kleinbergbautreibende verlieren viel Geld, wenn sie ihren abgebauten Rohstoff offiziell gegen Landeswährung verkaufen. Dabei macht es keinen Unterschied ob der Verkaufspreis auf Weltmarktpreisniveau bewertet wurde. Kleinbergbautreibende benötigen Devisen um notwendige Anschaffungen zu tätigen, die in der Regel zu Schwarzmarktpreisen angeboten werden. Die Regierung verfügt im Allgemeinen nur über eine begrenzte Menge an Devisen, die sie aber im

Allgemeinen für andere Posten, denen eine höhere Priorität eingeräumt wird, verwendet. Aus diesem Grund gehen die Kleinbergbautreibenden ein illegales Verkaufsgeschäft ein. Entweder wird der Rohstoff auf dem Schwarzmarkt gegen einen höheren Betrag in der Landeswährung veräußert oder er wird über die Grenze geschmuggelt und gegen Devisen verkauft. Es besteht die Gefahr, dass die Rohstoffe, die das Potenzial haben in „harte Währung“ umgewandelt zu werden die Landeswährung als Zahlungsmittel ablösen. Wenn sich dies als Praxis durchsetzt, kann die Handlungsfähigkeit der Regierung bezüglich Geld-, Steuer- und Wechselkurspolitik eingeschränkt werden. Die Position des Landes stellt sich folglich nach außen als immens geschwächt dar (Kumar et al., 1994).

Abbildung 23 illustriert anhand eines Diagramms das oben erläuterte Problem, in Form einer Gegenüberstellung vom Weltmarktpreis für Rohstoffe, vom offiziell festgelegten nationalen Verkaufspreis und vom Schwarzmarktpreis.

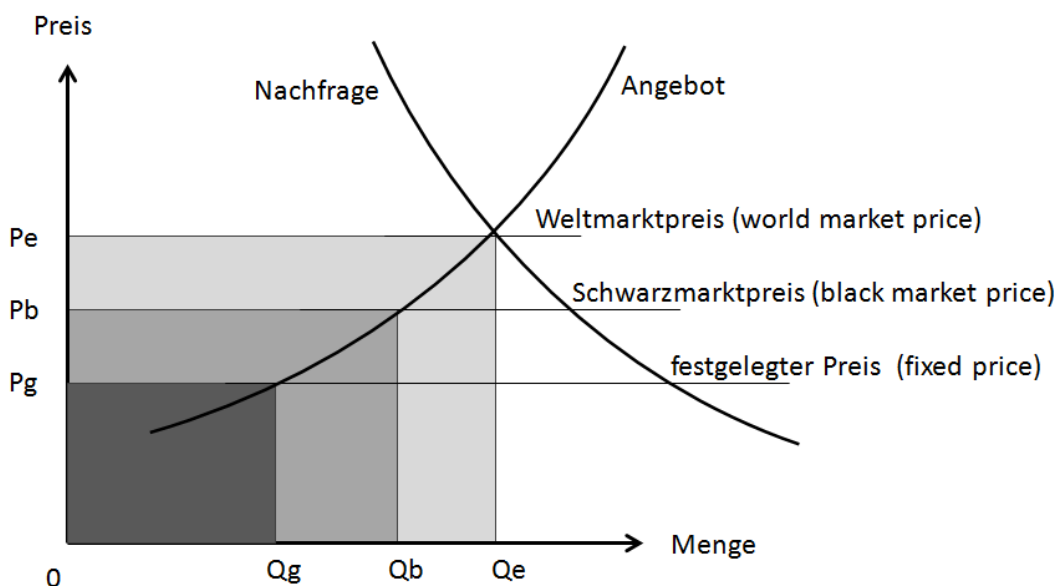


Abbildung 23: unterbewertete Rohstoffpreise (nach Nötstaller et al., 1995)

Im Diagramm wird die Angebots- und die Nachfragekurve eines beliebigen Rohstoffes angezeigt. Die Angebotskurve repräsentiert gleichzeitig auch die Kostenfunktion, die sich aus der Anordnung der momentan abgebauten Mengen des Rohstoffes in aufsteigender Reihenfolge zu den Produktionskosten ergibt. Unter der Annahme eines freien, ausgeglichenen und wettbewerbsfähigen Marktes befindet sich der Weltmarktpreis (*world market price*) des Rohstoffes im Schnittpunkt beider Kurven P_e/Q_e . Dieser Punkt wird als sogenannter „Cut-off-Wert“ bezeichnet, das heißt die nachgefragte Menge Q_e wird zu einem Preis P_e verkauft. Es lohnt sich daher nicht mehr als diese Menge zu produzieren, weil das Produkt auf dem Markt nicht abgenommen wird und somit unprofitabel wäre. Verschiedene Rohstoffländer lassen durch staatliche Stellen die abgebauten Rohstoffe ankaufen und exportieren diese zum Weltmarktpreis weiter. Die Bergleu-

te erhalten dafür einen staatlich bemessenen Ankaufpreis (*fixed price*), dargestellt im Schnittpunkt P_g/Q_g , der weit unter dem Weltmarktpreis liegt. Die Differenz dieser beiden Preise behält der Staat als administrative Kosten ein bzw. sie ergibt sich aufgrund einer inflationären nationalwirtschaftlichen Lage, einhergehend mit einer Überbewertung der Landeswährung. Diese Ungerechtigkeitssituation für die Bergleute schürt die Entwicklung eines Schwarzmarktes, auf dem die Rohstoffe zu einem Preis P_b/Q_b (*black market price*) gehandelt werden, der zwischen dem nationalen Ankaufpreis und dem Weltmarktpreis liegt (Nötstaller et al., 1995).

Die Möglichkeit des Rohstoffschmuggels und -verkaufs in andere Länder kann beispielsweise durch die Einführung von *zertifizierten Handelsketten* eingedämmt werden. Gleichzeitig bietet ein solcher Legalitätsstandard die sozioökonomischen Rahmenbedingungen bei der Gewinnung von Rohstoffen zu verbessern und somit auch den Marktzugang für den Kleinbergbau zu organisieren. Durch die Zusammenarbeit zwischen der nationalen Regierung, internationalen Experten und Finanzierungsorganisationen bietet sich eine bessere Möglichkeit der Transparenz von Regierungsentscheidungen im Rohstoffsektor. Die Kleinbergbautreibenden haben somit eine gute Chance, dass die unterbewerteten nationalen Rohstoffpreise an Weltmarktpreise angepasst werden. Im nächsten Abschnitt wird das System der zertifizierten Handelsketten im Kleinbergbau näher erläutert.

Der internationale Kleinbergbausektor verfügt über kein Gütesiegel, das die Grundlage für Nachhaltigkeits- und Entwicklungsstandards in der Produktion garantiert. Die Einhaltung von sozioökonomischen Mindeststandards bei der Gewinnung und dem Handel von Rohstoffen stellt in Entwicklungsländern mit Kleinbergbauaktivitäten ein großes und ungelöstes Problem dar. Um diese Lücke zu schließen hat die *BGR* das Modell der zertifizierten Handelskette entwickelt. Im Zentrum dieses Ansatzes steht die Einhaltung von Minimalstandards bei der mineralischen Rohstoffgewinnung, sowie dem Rohstoffverkauf und damit einhergehend die Möglichkeit einer Rückverfolgung bzw. eines Herkunftsnachweises des Produkts. Kontrolliert werden konkret die Betriebsführung sowie die Mengen aus Produktion, Lieferung und Vorrat. Das heißt der Zertifizierungsprozess bezieht sich nicht auf das Kleinbergbauprodukt sondern nur auf den Gewinnungsprozess. Ziel ist es der Industrie eine gewisse Versorgungssicherheit an mineralischen Rohstoffen zu garantieren und im Kleinbergbausektor der Entwicklungsländer erfolgreich gegen Armut und Konflikte vorzugehen (Wagner et al., 2007).

In Abbildung 24 ist der gesamte Aufbau der durch die *BGR* entwickelten zertifizierten Handelskette dargestellt. Die Rohstoffproduzenten sind Kleinbergbaugruppen, die ihre gewonnenen Rohstoffe an Industrieunternehmen verkaufen. Diese spezielle Handelskette funktioniert mittels verschiedener Maßnahmen. Der industrielle Abnehmer unterstützt die Kleinbergbautreibenden durch Entwicklungsmaßnahmen, wie eine anteilige Übernahme der Verifizierungskosten via Preisprämien, dem Zugang zu Krediten durch Übernahmen von Abnahmeverpflichtungen und der technologischen Beratung und Unterstützung. Als Gegenleis-

tung stellen die Kleinbergbautreibenden Liefergarantien aus. Weiterhin verpflichten sie sich, den Zertifizierungsprozess zu beantragen, gewisse Mindeststandards im Bereich Umwelt und Soziales einzuhalten und ihre internen Abläufe zu dokumentieren und zu kontrollieren (Wagner et al., 2007).

Das Organ des Auditors setzt sich aus Fachexperten zusammen, die prüfen ob alle Standards bei der Rohstoffgewinnung eingehalten werden und die dem Industrieunternehmen Meldung darüber erstatten. Die nationalen Zertifizierungsstellen arbeiten eng mit dem Auditor zusammen, stellen Zertifikate aus, legen Standards und Richtlinien fest, prüfen die Konformität mit den Landesgesetzen, kontrollieren den Auditor und deeskalieren bei Problemen. Die Regierung des Produzentenlandes, die Regierung des Verbraucherlandes, Experten im Bereich Entwicklungszusammenarbeit und Internationale Partner (Förderorganisationen, Wirtschaft, Vertreter der Zivilgesellschaft etc.) fungieren als ergänzende und unterstützende Akteure und intensivieren den Erfolg des Modells (Wagner et al., 2007).

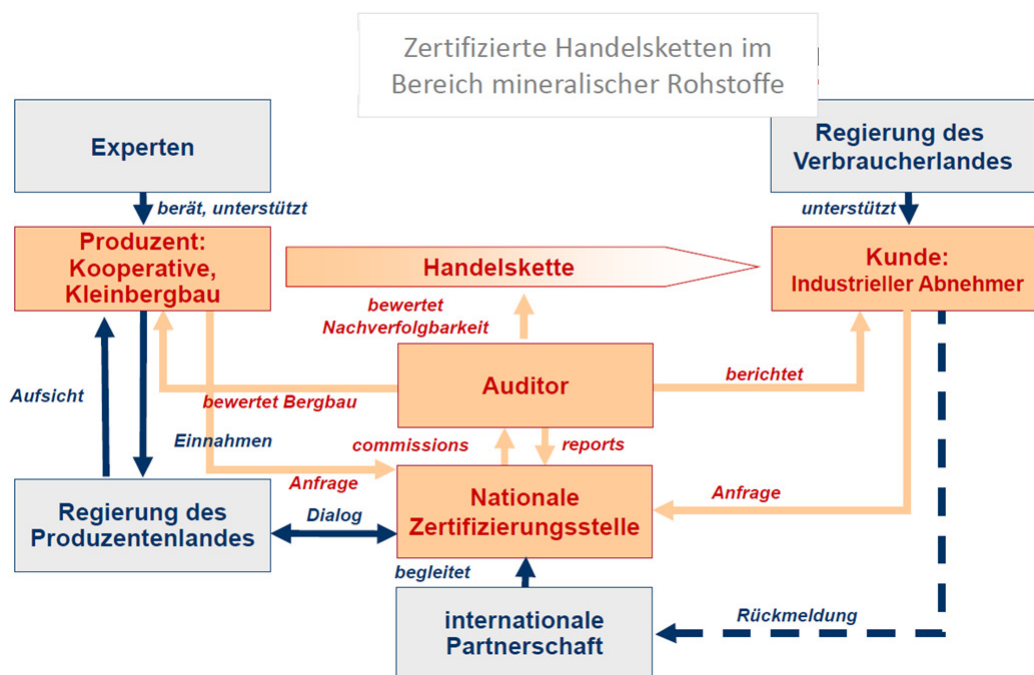


Abbildung 24: zertifizierte Handelskette für Rohstoffe (Kümpel et al., 2011)

In der Praxis wird dieses Modell der zertifizierten Handelsketten zum einen an einem Pilotprojekt getestet und zum anderen wird eine internationale Plattform geschaffen, die den Dialog zwischen Fachexperten fördert und über das Modell informiert und auf diesem Weg Akzeptanz dafür schafft (Wagner et al., 2007).

Das bekannteste und erfolgreich funktionierende System eines zertifizierten Handelskettenmodells ist der *Kimberley Process*. Dieses Modell findet speziell Anwendung auf den Diamantenbergbau in Entwicklungsländern. Der *Kimberley Prozess* wurde 2003 durch die UNO Generalversammlung rechtskräftig beschlossen mit dem Ziel den illegalen Diamantenschmuggel einzudämmen. Sogenannte Blutdiamanten wer-

den aus ihrem Ursprungsland über die Grenze geschmuggelt, veräußert um mit dem Verkaufserlös Kriege und Terrorismus zu finanzieren. Insgesamt gibt es 43 Mitglieder im *Kimberley Prozess*, wobei die gesamte EU als ein Mitgliedsland zählt. Zentraler Inhalt dieser Organisation ist es, dass jeder Bergwerksbetreiber und jeder Rohdiamantenhändler per Zertifikat bzw. Ursprungszeugnis bestätigen muss, dass die Diamanten innerhalb der Landesgrenzen gefördert bzw. gekauft wurden und nicht aus einem Embargoland oder aus Krisengebieten stammen. Kontrolliert wird das zertifikatbasierte System durch spezielle Kommissionen, die in allen Förder- und Handelszentren der Mitgliedsstaaten arbeiten (Gordon, 2008).

ARM (Alliance for Responsible Mining) zählt ebenfalls zu den Zertifizierungssystemen für Kleinbergbauaktivitäten in Entwicklungsländern. Das Projekt bezog sich ursprünglich ausschließlich auf den Goldbergbau und wurde später auf die Förderung weiterer Edelmetalle erweitert. Die Organisation arbeitet von Südamerika aus und verfolgt das Ziel Gold, das unter guten Umwelt- und Sozialstandards abgebaut wurde zu zertifizieren und zu kennzeichnen bevor es in Industrieländer exportiert wird (Alliance of Responsible Mining, 2010). Das Logo und gleichzeitig das Zertifikatsiegel dieses Programmes ist an das *Fair Trade Logo* aus der Landwirtschaft angepasst, besteht aber zusätzlich aus dem eigenständigen Bergbausymbol und dem Kürzel „*Fair Mined*“, wie Abbildung 25 zeigt.



Abbildung 25: Logo für fair gehandeltes Gold aus Entwicklungsländern (Alliance for Responsible Mining, 2010)

Ein wichtiger Beitrag zu mehr Transparenz beim Rohstoffhandel in Konfliktgebieten leistet der *Dodd Frank Act* in den USA. Der *Dodd Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act* wurde Mitte 2010 in den USA unterzeichnet. In erster Linie dient er zur Reformierung des amerikanischen Finanzmarktrechts. In zwei Abschnitten geht es um Transparenz im Rohstoffhandel. Abschnitt 1502 richtet sich konkret gegen Rohstoffschmuggel aus Konfliktgebieten. Börsennotierte US-Unternehmen werden darin aufgefordert Gewinne aus Handelsgeschäften mit metallischen Rohstoffen (Gold, Zinn, Tantal, Wolfram) offiziell nachzuweisen. Ziel ist es sicherzustellen, dass keine Rebellengruppen beim Abbau involviert waren. Vor allem Importe aus afrikanischen Rohstoffländern (Zentralafrika, Sudan, Sambia, Angola, Kongo, Tansania, Burundi, Ruanda, Uganda) benötigen einen Herkunftsnachweis, deren Vergabe durch zertifizierte Stellen überwacht werden. Abschnitt 1504 richtet sich gegen Korruption. US-Unternehmen, die Zahlun-

gen an Regierungen von Rohstoffförderländern für Bergbautätigkeiten leisten, müssen diese offenlegen (Knoke et al., 2013).

2.2.5 Einflussfaktor – Technik

Es gibt eine Reihe von verschiedenen Werkzeugkategorien die für den Kleinbergbausektor relevant sind. *McDevitt et al.* (1993) gibt in seinem Guide über Kleinbergbauwerkzeuge einen guten Überblick dazu. Er unterscheidet zwischen vier Werkzeugkategorien, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

1. Standardausrüstung: Zu dieser Kategorie gehören LKWs, Dozer, Skrapper und andere gebräuchliche Fahrzeuge für den Erdbau. Auch Bohrgeräte, Erkundungs- und Vermessungsgeräte, Pumpen und Aufbereitungsausrüstung gehören dazu. Alle diese Geräte gibt es in verschiedenen Größen und mit unterschiedlicher Leistung, deshalb sind sie sowohl für den industriellen Großbergbau als auch für den Kleinbergbau einsetzbar. Für den Kleinbergbau existieren spezielle Geräte, die nur für eine Tagesproduktion von 100 t bis maximal 300 t ausgelegt sind.

2. Spezialausrüstung für den Kleinbergbau: Zu dieser Kategorie gehören Werkzeuge und Geräte, die manuell oder teilmechanisiert sind und bereits seit mehreren Generationen im Bergbau verwendet werden. Ein Beispiel für ein solches historisches Bergbaugerät ist der Hunt, der per Hand oder durch die Zugkraft eines Tieres bzw. einer Zugmaschine bewegt wird. Vor allem Länder wie China und Indien produzieren diese Ausrüstung, weil sie einen großen Markt für diese Produkte haben und die notwendigen Kapazitäten der produzierenden Industrie vorhanden sind.

3. maßangefertigte Ausrüstung: Zu dieser Kategorie Ausrüstung zählen Technik, die in den jeweiligen Bergbauregionen hergestellt wird und aus lokal zur Verfügung stehenden Materialien gefertigt ist. Die Kosten dieser Geräte sind gering und es existieren keine Herstellungspatente. Das Design ist ebenfalls historisch und geht oftmals zurück auf die Anfänge des Bergbaus als ausschließlich im Kleinbergbau gearbeitet wurde. Konkrete Beispiele hierfür sind Brechanlagen, Mühlen oder Waschrinnen. Durch Einsatz von elektrischen Antrieben und moderneren Materialien können diese historischen Geräte heute hinsichtlich Effektivität gesteigert werden. In verschiedenen Kleinbergbauländern existieren bis heute maßangefertigte Geräte, die nur national Anwendung finden und nicht exportiert wurden, aber in anderen Kleinbergbauländern auch von großem Nutzen wären.

4. kostenintensive Ausrüstung: Zu dieser Kategorie gehören Geräte, die im Kleinbergbau sehr effektiv eingesetzt werden könnten, aber aufgrund ihrer hohen Anschaffungskosten bzw. ihrer Baugröße nicht eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind Aufbereitungsanlagen (verschiedene Brecher, Separierungsgeräte),

Laborausrüstung (Qualitätskontrolle, Erkundungsanalysen) oder Kontrollgeräte (Detektoren für gefährliche Gase).

McDevitt et al. teilt in seinem Guide alle Werkzeuge in folgende unterschiedliche Verwendungskategorien ein: Erkundung, Oberflächenentwicklung, Entwicklung von Grubenbauen, Aufbereitung und Transport. Dabei hebt er hervor, dass Kleinbergbauprozesse relativ einfache und direkte Arbeiten sind und deshalb das verwendete Werkzeug, unabhängig von seiner Anwendung dieselben Charakteristika erfüllen muss. Dazu zählen konkret (McDevitt et al., 1993):

- geringer Kapitaleinsatz,
- Herstellung aus lokal verfügbaren Materialien,
- arbeitskräfteintensive Geräte mit höherer Produktivität als traditionelle Technologien,
- Arbeitskräfteeinsatz und Fertigkeiten erhöhen und nicht eliminieren,
- bezahlbare Gerätegröße für lokale Kleinbergleute,
- Handhabung und Instandsetzung geeignet für lokale Kleinbergbautreibende ohne hohen Einarbeitungsaufwand,
- Herstellung in lokalen Werkstätten möglich,
- flexibel und anpassungsfähig an lokale Gegebenheiten,
- vereinbar mit lokalen Bedürfnissen, Traditionen und Umweltgegebenheiten,
- Selbständigkeit fördern, damit die lokale Produktion die lokalen Bedürfnisse erfüllt,
- Belastung durch Infrastrukturprobleme minimieren,
- Einschränkungen durch fehlendes hoch qualifiziertes Personal minimieren.

Obwohl der Guide für Kleinbergbauwerkzeuge von *McDevitt et al.* aus dem Jahr 1993 stammt und deshalb veraltet zu sein scheint, findet dieser nach wie vor Anwendung auf den heute in Entwicklungs- und Schwellenländern praktizierten Kleinbergbau. Die darin dargestellten Werkzeuge und Geräte werden von Spezialunternehmen für Kleinbergbauausrüstung sowie von lokalen Werkstätten der Kleinbergbauländer hergestellt und verkauft.

Ein Beispiel ist das Unternehmen *Gold Fever Prospecting*, das seinen Firmensitz in der Stadt *Hesperia* im US Bundesstaat *Kalifornien*, dem bekannten Staat des historischen „gold rush“ hat. Aufgrund des hohen Goldpreises auf dem Weltmarkt und dem Gefühl von Abenteuer gibt es bis heute in dieser Region Menschen, die im Kleinbergbauverfahren mit Hilfe von manuellen Werkzeugen wie damals Gold schürfen und fördern. Die Firma stellt sich selber vor als ein Team von Bergbautreibenden, die mit dem Goldfieber infiziert sind und deshalb aus Leidenschaft Gold schürfen und nach Gold Nuggets suchen. Typische Verkaufsprodukte sind Kleinbergbauwerkzeuge, wie Metalldetektoren, Goldwaschpfannen, Waschrinnen, Konzentratoren, Edelsteinschleifmaschinen, Mini-Schwimmbagger, Schöpfeimer und Schaufeln (*Gold Fever Prospecting*, 2012).

Ein anderes Beispiel ist das Unternehmen *GLOBAL Mining Equipment LLC*, das seinen Hauptsitz in *Idaho, USA* hat. Diese Firma produziert seit 1991 Kleinbergbaugeräte in den *Rocky Mountains*, einem Gebiet das bis heute von Kleinbergbautreibenden stark genutzt wird. Das Ziel ist es einfache und robuste Technik herzustellen, die effektiv arbeitet und verhältnismäßig wenig kostet. Sie stellen bewusst Bergbauequipment her, die der Bergbautechnik von vor über 100 Jahren entsprechen und bezeichnen diese Ausrüstung ihrer Branche als Industriestandard. Die aktuellen Beobachtungen der Weltmarktpreise für Rohstoffe und vor allem Gold sowie die Tatsache, dass immer mehr Bergleute in der Region allein oder in kleinen Teams profitable Abbaumengen aus Lagerstätten gewinnen, bestärken das Management dieses Unternehmens in ihrer Geschäftsidee (Global Mining Equipment LLC, 2012).

Ein umfangreicher Überblick zu der verwendeten Technik, die in den unterschiedlichen Kleinbergbauprozessen eingesetzt wird ist in den Anlagen 3, 4 und 7 für die Kleinbergbauländer Bolivien, Ghana und der Mongolei jeweils im Gliederungspunkt „*Bergwerksbeispiele*“ ausführlich dargestellt.

2.2.6 Einflussfaktor – Umwelt

Kleinbergbauaktivitäten haben einen sehr großen Einfluss auf ihre unmittelbare Umgebung und sind Auslöser für verschiedenartige Verschmutzung und Zerstörung der Umwelt. *Henschel et al.* nennt vor allem die hohe Anzahl an Kleinbergbautreibenden, die sich vornehmlich geballt in bestimmten Gebieten aufhalten und arbeiten als Grund für einen negativen Einfluss auf die lokale Natur. Weiterhin betont er die Schwierigkeit Kontrollen gegen Umweltverstöße durchzuführen oder verschärfte Umweltgesetze zu verabschieden. Einerseits hat der Staat keine ausreichenden Ressourcen für die Durchführung und andererseits sind die Bergbauaktivitäten oftmals an abgelegenen und versteckten Gebieten angesiedelt.

Henschel, et al. nennt eine Liste mit eindeutig dem Bergbau zuzuordnenden Umweltverstößen, die in Tabelle 12 mittels Zuordnung zu dem jeweiligen Bergbauprozess aufgeführt ist.

Tabelle 12: Umweltprobleme nach Kleinbergbauprozessen (nach Henschel et al., 2003)

BERGBAUPROZESS	UMWELTPROBLEME
Erkundung und Rohstoffabbau	<ul style="list-style-type: none"> - Verschlammung von Flüssen und Gewässern - Zerstörung der Flussbetten - Zerstörung der Flusssufer - Abholzung der Wälder - Erosion - Zerstörung der Landschaft - Produktion von Hausmüll und Industrieabfällen
Aufbereitung	<ul style="list-style-type: none"> - Quecksilberschmutzung - Zyanidverschmutzung - direktes Abkippen von Tailings und Abwasser in die Natur und Flüsse - Produktion Hausmüll und Industrieabfällen
Schließung	<ul style="list-style-type: none"> - keine oder unzureichende Schließung von Bergwerken - falscher Aufbau von Halden und Tailings - Abfluss und Versickerung saure Grubenwässer

Weitere Probleme allgemeiner Natur sowie mit besonderem kulturellen Bezug, resultieren ebenfalls aus der fehlenden Einhaltung von Umweltstandards. Dazu gehören die Zerstörung von Natur- und Pflanzenschutzgebieten sowie Lebensräumen von Tieren. Außerdem besteht in einigen Ländern die Gefahr, dass indianische Stammesgebiete durch Kleinbergbauaktivitäten und damit einhergehenden Umweltschäden betroffen sind und das soziale und kulturelle Gefüge dieser Stämme stark darunter leidet (Henschel, 2003).

Kakar et al. (2005) setzt sich mit den Umweltproblemen von Kleinbergbauarbeiten in Form eines Fallbeispiels auseinander. Er definiert Luftverschmutzung, Lärmbelästigung, Wasserverschmutzung, Abnahme des Pflanzen- und Tierbestandes und Flussverschlammung als die schwerwiegendsten Umweltprobleme und ordnet diese gezielt den einzelnen Arbeitsetappen von Abbau bis Aufbereitung zu. Als Lösungsansatz entwickelt er ein Modell zur Ausübung von umweltfreundlichem Kleinbergbau (Abbildung 26), das Umweltprobleme, Bergbauhemmnisse der Kleinbergbauarbeiten und notwendige staatliche Hilfsmaßnahmen bündelt und in Verbindung setzt. Das vorliegende Modell wurde speziell für die Kleinbergbauregion in Indien entwickelt. Es ist aber aufgrund der sich ähnelnden Umweltprobleme und der allgemeingültigen bezeichneten Stichwörter auch auf andere Länder anwendbar.

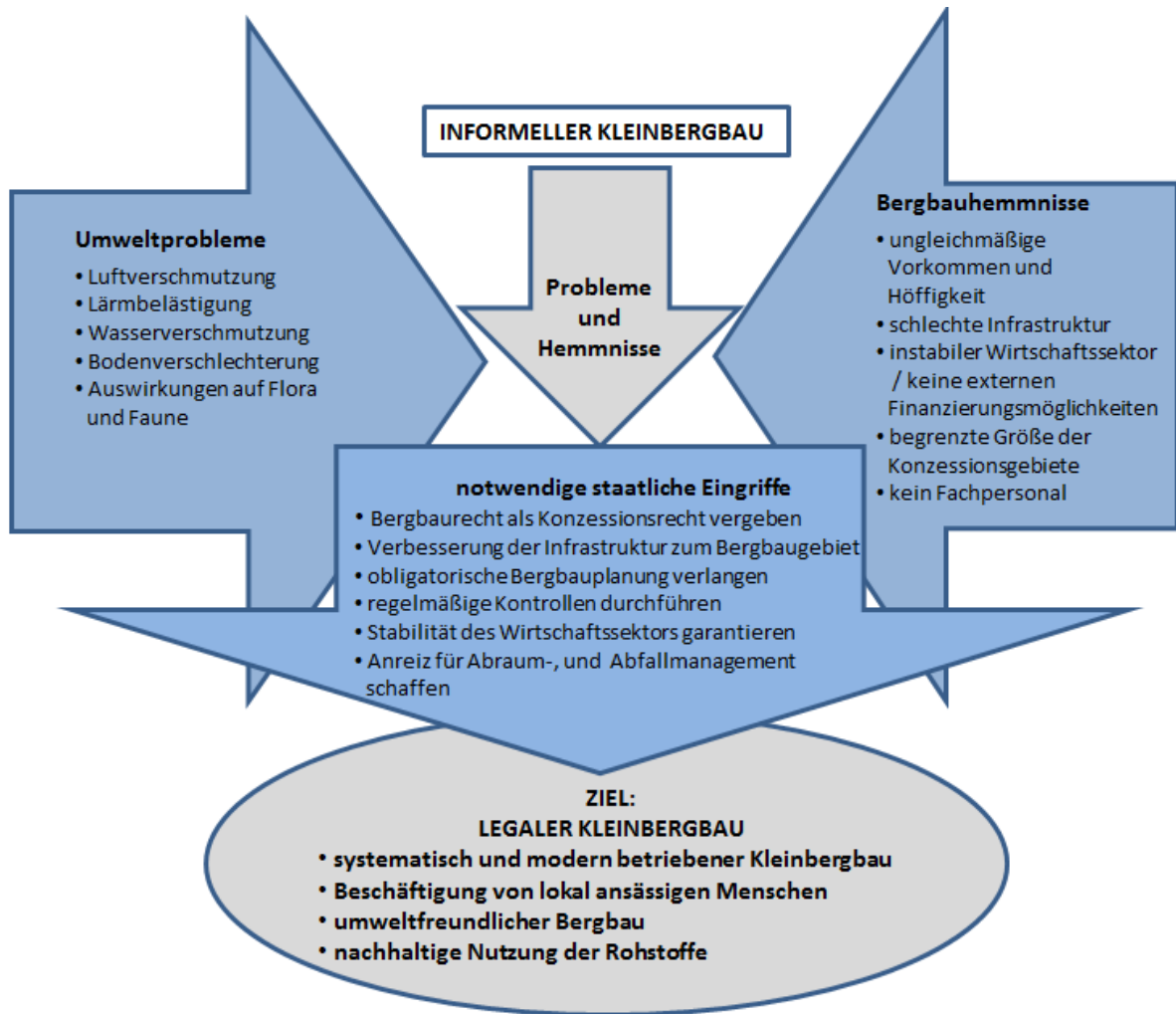


Abbildung 26: Modell zum umweltfreundlichen Kleinbergbau (nach Kakar et al, 2005)

Wotruba *et al.* (2000) geht in seiner Betrachtung der negativen Umwelteinflüsse einen Schritt weiter und untersucht konkret verschiedene Goldabbau- und Aufbereitungsverfahren. In Abbildung 27 und 28 sind in grafischer Form die Umweltprobleme im Kleinbergbau auf Gold von der Goldlagerstätte bis zum Goldnugget dargestellt.

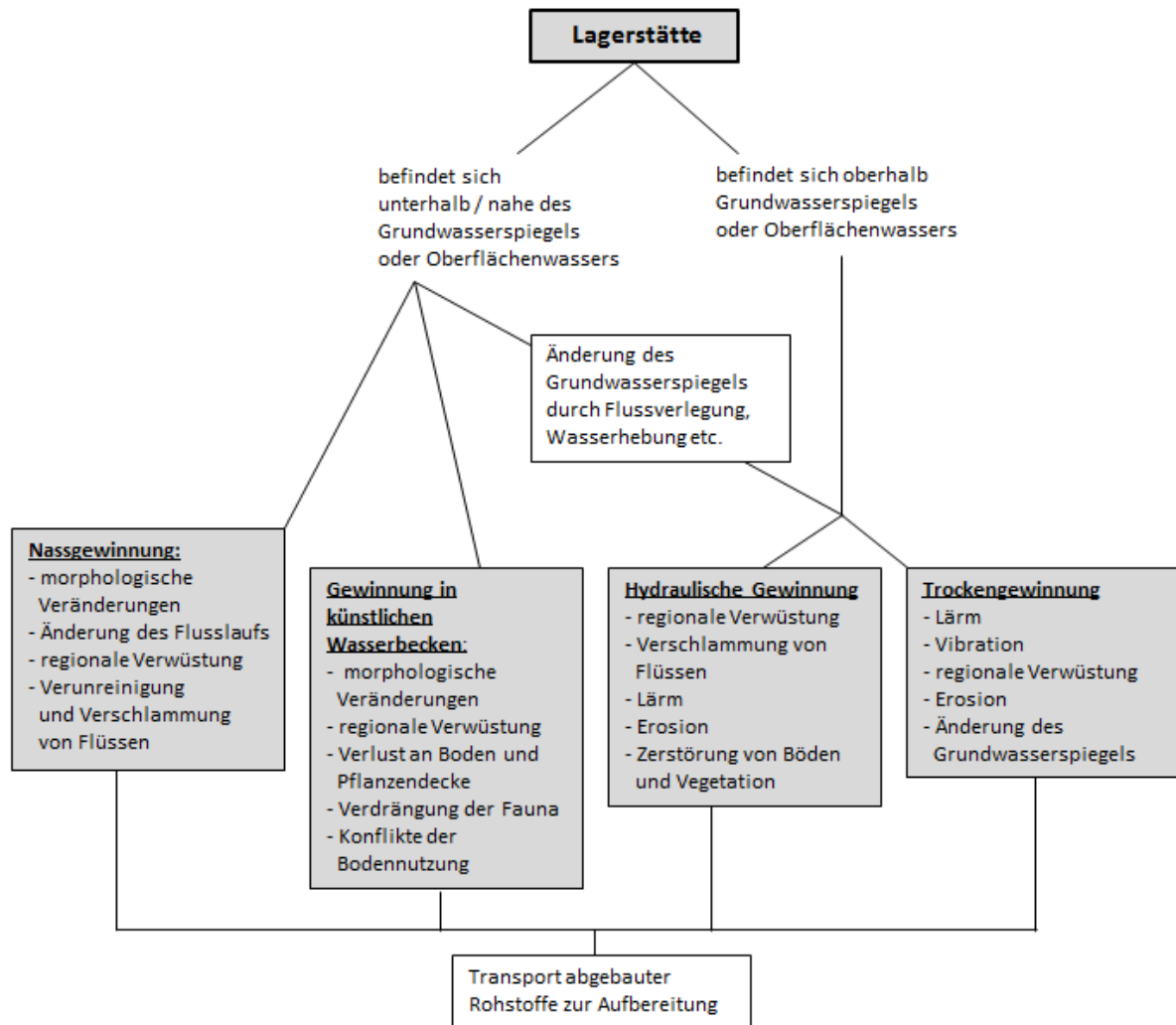


Abbildung 27: Umwelteinflüsse durch Goldabbauverfahren bei Seifenlagerstätten (nach Wotruba et al., 2000)

Besonders schwerwiegende Umwelteinflüsse sind auf die rohstoffabhängigen Aufbereitungsverfahren zurückzuführen. Abbildung 28 illustriert dazu exemplarisch alle im Kleinbergbau gängigen Aufbereitungsprozesse für den Rohstoff Gold und die damit verbundenen Begleiteffekte, die Auswirkungen auf Mensch und Natur haben.

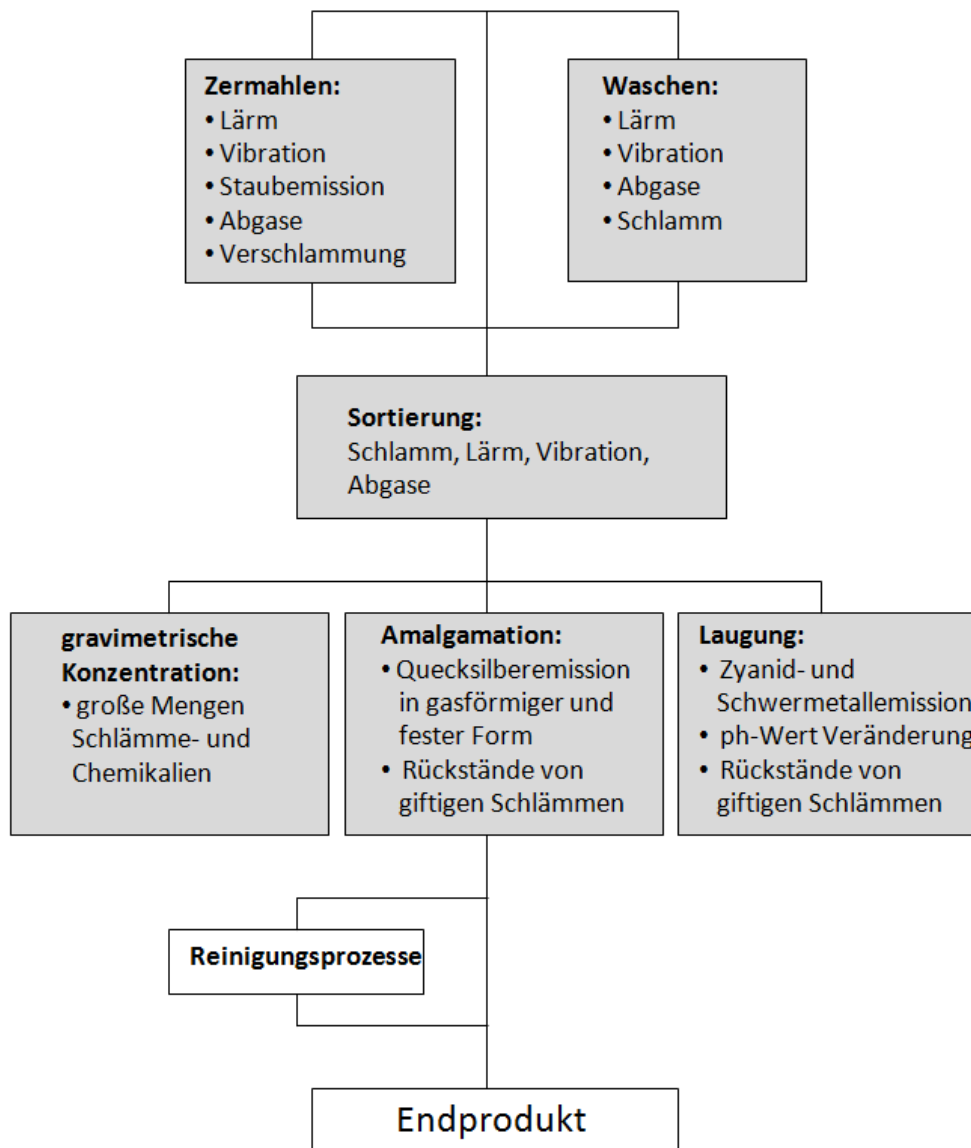


Abbildung 28: Umwelteinflüsse durch Aufbereitungsverfahren von Gold (nach Wotruba et al., 2000)

Als Hauptgründe für Umweltprobleme im internationalen Kleinbergbau listen *Hentschel et al.* und *Wotruba et al.* folgende Gründe auf:

- fehlendes Wissen, Aus- und Weiterbildung im Bereich Technik und Umwelt,
- keine modernen technischen Geräte und Werkzeuge,
- kein effektives staatliches Verwaltungssystem,
- zu wenig organisierte Kontrollen,
- geringe finanzielle Mittel der Kleinbergleute und
- auf staatlicher Seite unzureichende Umweltgesetzgebung.

Zur Veranschaulichung der in diesem Abschnitt dargestellten Umweltprobleme anhand konkreter Kleinbergbaubeispiele wird in den Anlagen 3, 4 und 7 jeweils unter der Rubrik „Umweltauswirkungen“ auf die Situation in den Ländern Bolivien, Ghana und der Mongolei eingegangen.

2.2.7 Einflussfaktor – Arbeitsschutz

Wegen unzureichender Vorsicht bei Bergbauarbeiten und fehlenden Kenntnissen über Sicherheits- und Gesundheitsrisiken gibt es im Kleinbergbau eine große Anzahl von Unfällen. Schätzungen zufolge kommen dabei jährlich etwa 14.000 Bergbautreibende ums Leben (Ellmies, 2004).

Um ermitteln zu können welche konkreten Gefährdungen bei Kleinbergbauaktivitäten auftreten, müssen zunächst alle möglichen allgemeinen Gefährdungsfaktoren herangezogen und bezüglich der speziellen Gegebenheiten dieses Arbeitssektors beurteilt werden (BAuA, 2013). Einen ausführlichen und allgemeingültigen Überblick zum Thema Arbeitsschutz und Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz bietet die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

Tabelle 13 gibt einen Überblick zu allen Gefährdungsfaktoren, der sogenannten „Gruppen von Gefährdungsquellen mit ähnlichen Gefahrenquellen und Wirkungsqualitäten“ (BAuA, 2012). In der ersten Spalte ist der Gefährdungsfaktor definiert. In der zweiten Spalte sind die konkreten dazugehörigen Gefahren die sich Kleinbergleute an ihrem Arbeitsplatz über oder unter Tage aussetzen, aufgeführt.

Tabelle 13: Gefährdungsfaktoren im Kleinbergbau (nach BAuA, 2012; Walle, 2001; Walle, 2007)

Gefährdungsfaktor	Gefährdungsbeispiele im Kleinbergbau
Mechanische Gefahren	<ul style="list-style-type: none"> - kontrollierte bewegte ungeschützte Teile (Antriebe, Werkzeuge etc.) - Fahrzeuge
Gefahrstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Einatmen von Staub - Kontakt mit Quecksilber oder anderen gefährlichen Chemikalien (Haut, Einatmen bei Verdampfungsprozess) - Einatmen natürlich entstehender bzw. im Gebirge eingeschlossener und durch Bergbau freigesetzter Gase unter Tage (CH₄, CO₂, SO₂, H₂S, N₂, H₂)
Brand- und Explosionsgefährdungen	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung und Lagerung von Sprengmitteln - Schlagwetterexplosionen - Grubenbrände
Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Lärm - Arm-Hand-Vibration
Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - schlechte/fehlende Bewetterung, ungünstiges Grubenklima (Hitze, Feuchtigkeit, Sauerstoffmangel) - extreme Klimabedingungen

Gefährdungsfaktor	Gefährdungsbeispiele im Kleinbergbau
	<ul style="list-style-type: none"> - schlechte Beleuchtung unter Tage - unzureichende Fluchtwege - unzureichende Bewegungsfläche unter Tage aus Platzmangel - hydrologische Gefahren - Steinschlag, Verschüttung
Physische Belastung (Arbeitsschwere)	<ul style="list-style-type: none"> - manuelle Arbeit - Steigen, Klettern, Ziehen, Schieben - starke körperliche Anstrengung, Überanstrengung - Arbeit mit erhöhten Kraftanstrengungen und Krafteinwirkungen - erzwungene Körperhaltung
Psychische Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Existenzangst - Unsicherheit, Angst, Druck wegen illegaler Natur der Bergbauarbeiten
Sonstige Gefährdungen	<ul style="list-style-type: none"> - Konflikt mit Großbergbaubetrieben - Gewalt

In diesem Zusammenhang können eine Reihe von schwerwiegenden Defiziten im Bereich Arbeitsschutz bei Kleinbergbauaktivitäten identifiziert werden (Hentschel et al, 2003):

- Kleinbergbautreibende erwirtschaften nur ein geringes Einkommen und sind daher nicht gewillt Ausgaben für Sicherheitsausrüstung zu tätigen,
- Arbeitssicherheitsanweisungen von mittelgroßen und großen Bergbauunternehmen sind ungeeignet für Kleinbergbauaktivitäten und wirken desillusionierend und unerreichbar auf Kleinbergbautreibende,
- aus Angst vor staatlichen Sanktionen gegen Kleinbergbautreibende werden Angaben zu Anzahl von Unfällen, Unfallursachen oder Erkrankungen und Folgeschäden verfälscht bzw. verschwiegen,
- fehlende Aus- und Weiterbildung bzw. Aufklärung zu Gefahren der Kleinbergbauaktivitäten führen zu mangelndem Risikobewusstsein,
- Einführung von mechanisierten Geräten ohne Arbeitsschutzbelehrungen.

Es gibt eine Reihe von chronischen Krankheiten die als typische Folgeerscheinungen nach jahrelanger direkter und indirekter Kleinbergbautätigkeit auftreten. Dazu zählen unter anderem die Folgenden (Cave, 2007):

- Silikose (Staublunge) – Einatmen von Staub bei untertägigen Abbauarbeiten,
- Schäden am zentralen Nervensystem, Nieren etc. – Kontakt bzw. Freisetzung von Quecksilber bei Aufbereitungsprozessen (Einatmen, Körperkontakt, Aufnahme über Nahrungsmittel und Wasser durch Freisetzung der Chemikalie in die Umwelt),
- Hörschäden – Lärm von Bohrungen und Aufbereitungsprozessen,
- Taubheitserscheinung der Hände – Vibrationen der von Hand zu bedienenden Bohr- und Abbauhämmer.

Es existieren verschiedene länderspezifische Initiativen zur Aufklärung und Ausbildung von Kleinbergbautreibenden zum Thema Arbeitsschutz. Mit Hilfe von Text- und Bildmaterial sowie Demonstrationsvorführungen werden Gefahren erläutert und präventive Maßnahmen vermittelt. Darüber hinaus gibt es einfache technische Geräte, die zum Schutz der Kleinbergbautreibenden entwickelt und ihnen zugänglich gemacht werden. Als Beispiel ist die Einführung von Retortensystemen zu nennen. Die Initiatoren dieser Projekte sind in den meisten Fällen ausländische Förder- und Finanzierungsorganisationen, die Schulungen sowie Lehrmaterial anbieten und jedem Kleinbergbautreibenden unentgeltlich zur Verfügung stellen. In den Anlagen 3, 4 und 7 werden jeweils unter dem Gliederungspunkt „Arbeitsschutz“ die spezifischen Gefährdungspotenziale sowie die initiierten Verhütungsmaßnahmen für die Kleinbergbauländer Bolivien, Ghana und Mongolei im Detail dargestellt und erläutert.

2.2.8 Einflussfaktor – Soziales

Die sozialen Einflussfaktoren im internationalen Kleinbergbau sind in erster Linie auf die Armutssituation in den Entwicklungsländern zurückzuführen (Hentschel, 2003). Das Einkommen aus Kleinbergbauaktivitäten bildet die Lebensgrundlage für die komplette Familie und in manchen Fällen kann sogar eine zweite Existenz durch den Kauf eines Autos oder eines Ladengeschäfts ermöglicht werden (Heemskerk, 2003). Der Bildungshintergrund von Kleinbergbautreibenden ist in der Regel sehr begrenzt. Viele sind Analphabeten oder haben nur eine rudimentäre Ausbildung erhalten (World Bank, 2013). Als das übergeordnete soziale Hauptproblem von Kleinbergbauaktivitäten wird konkret der hohe Anteil von Frauen und Kindern identifiziert. Im Unterschied zum Großbergbau arbeiten im Kleinbergbau wesentlich mehr Frauen. Insgesamt liegt der Anteil weltweit bei etwa einem Drittel, wobei die konkrete Verteilung auf die einzelnen Kleinbergbauregionen unterschiedlich ist. Während in China nur etwa 10 % der Kleinbergbautreibenden Frauen sind, beläuft sich der Anteil in Südamerika und Afrika auf bis zu 60 % (Eftimie, 2012). Im Vergleich zu den männlichen Bergbautreibenden erhalten Frauen ein viel niedrigeres Arbeitsentgelt (ILO, 2010).

Es kann eine Reihe von Merkmalen zur Beschäftigung von Frauen im Kleinbergbau identifiziert werden, dazu gehören (Eftimie, 2012):

- geringer Organisations- und Technisierungsgrad der Arbeitsaufgaben,
- Tätigkeit variiert je nach Land, Nähe der Lagerstätte zum Wohnsitz, Rohstoffart,
- Bergbautätigkeit (Rohstofftransport, Aufbereitung) und Nebentätigkeit (Kochen, Dienstleistungen etc.),
- Arbeitsort häufig direkte Umgebung zum Wohnsitz (Bergbauzugehörigkeit verborgen),
- 4 bis 8 Stunden längere Arbeitstätigkeit als Männer (Bergbauarbeiten und Hausarbeit),

- keine Kontrollfunktion oder Besitzrecht.

Die *ILO* ist die wichtigste Organisation, die auf dem Gebiet der Kinderarbeit im Kleinbergbau seit Jahrzehnten tätig ist. Federführend hat die sie verschiedene Rechercheprogramme und direkte Projekte in Kleinbergbauländern erarbeitet und ausgeführt. Beispielsweise wurde das *Internationale Programm zur Eliminierung von Kinderarbeit (IPEC)* zur Recherche und Bearbeitung dieses Arbeitsgebietes eingerichtet. Schätzungen ihrer Experten zufolge gibt es heute ca. 1 Mio. Kinder, die in diesem Sektor tätig sind. Die höchsten Raten sind in den Ländern Afrikas, Südamerikas und Asiens zu finden (ILO, 2013).

Als Hauptursachen für Kinderarbeit im Kleinbergbau gelten unter anderem (ILO, 2004):

- Gründe des Familienumfelds (geringes Familieneinkommen, Verlust der Eltern, mangelndes Bildungsinteresse der Eltern, keine Zukunftspläne, falsche Einschätzung der Risiken im Bergbau),
- Gründe der Regierungsführung (fehlende staatliche Gesetze und Kontrollen, schlechte Bildungsinfrastruktur, keine Beschäftigungsalternativen),
- Gründe des Kleinbergbauumfelds (traditionelle Existenz der Kinderarbeit, einfacher Zugang in schmale und enge Grubenbaue, geringer Verkaufspreis der Rohstoffe oder geringe Höflichkeit der Lagerstätte, daher Einsatz von Kindern als billige Arbeitskräfte).

Die *ILO* unterscheidet weiterhin drei unterschiedliche Konstellationen der Kinderarbeit. Tabelle 14 gibt dazu einen Überblick. Den drei Kategorien sind jeweils spezifische Definitionskriterien, Akteure und Lösungen zugeordnet.

Tabelle 14: Arten der Kinderarbeit und Lösungsansätze (nach ILO, 2004)

Ursprung der Kinderarbeit	Charakteristika	Akteure	Lösungsmodelle
Arbeitsverhältnis durch Familie	<ul style="list-style-type: none"> - Beschäftigung von Kindern als billige Arbeitskräfte - Weggeben der Kinder aus Familien wegen Geldmangel oder Schulden 	<ul style="list-style-type: none"> - Familie - Arbeitgeber 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsaufsichtsbehörde: - Verbot durch Zwangsvollstreckung - Sensibilisierung - Ausbau der Bildungsinfrastruktur - Regionalentwicklung zur Schaffung von Arbeitsplätzen - Verbesserung der Kleinbergbauarbeiten (Mechanisierung, Modernisierung, Normalisierung)
Kinderarbeit innerhalb des Familienverbunds	<ul style="list-style-type: none"> - Kleinbergbau als Einkommensquelle gesamten Familie - Kinder arbeiten für Familieneinkommen ohne eigenen Lohn - Kinderarbeit wird als Berufsausbildung gesehen - Kinder vertreten kranke Familienangehörige 	<ul style="list-style-type: none"> - Familie 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisierung: - Ausbau der Bildungsinfrastruktur - Regionalentwicklung zur Schaffung von Arbeitsplätzen - Verbesserung der Kleinbergbauarbeiten (Mechanisierung, Modernisierung, Normalisierung)

Ursprung der Kinderarbeit	Charakteristika	Akteure	Lösungsmodelle
Arbeitsverhältnis durch Kind initiiert	<ul style="list-style-type: none"> - Waisenkinder - Arbeit sichert Überleben 	<ul style="list-style-type: none"> - Kinder 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsaufsichtsbehörde: - Verbot durch Zwangsvollstreckung - Verbesserung der Bildungsinfrastruktur und Vergabe von Stipendien

In Abbildung 29 ist der chronologische Ablauf der durch die *ILO* erarbeiteten Gesamtlösung des Problems der Kinderarbeit im Kleinbergbau dargestellt. Die Hauptakteure zur Durchführung und Begleitung eines solchen Projekts sind die Regierung der Kleinbergbauländer als Hauptinitiator und Förder- bzw. Finanzierungsorganisationen als Berater und Unterstützer. Bei konsequenter Implementierung aller dargestellten Schritte ist es laut *ILO* für ein Kleinbergbauland realistisch die Anzahl der arbeitenden Kinder sukzessive zu minimieren. Es kann keine konkrete Zeitspanne eines solchen Programms festgelegt werden, weil die jeweiligen politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Gegebenheiten von Entwicklungsländern den zeitlichen Rahmen beeinflussen.

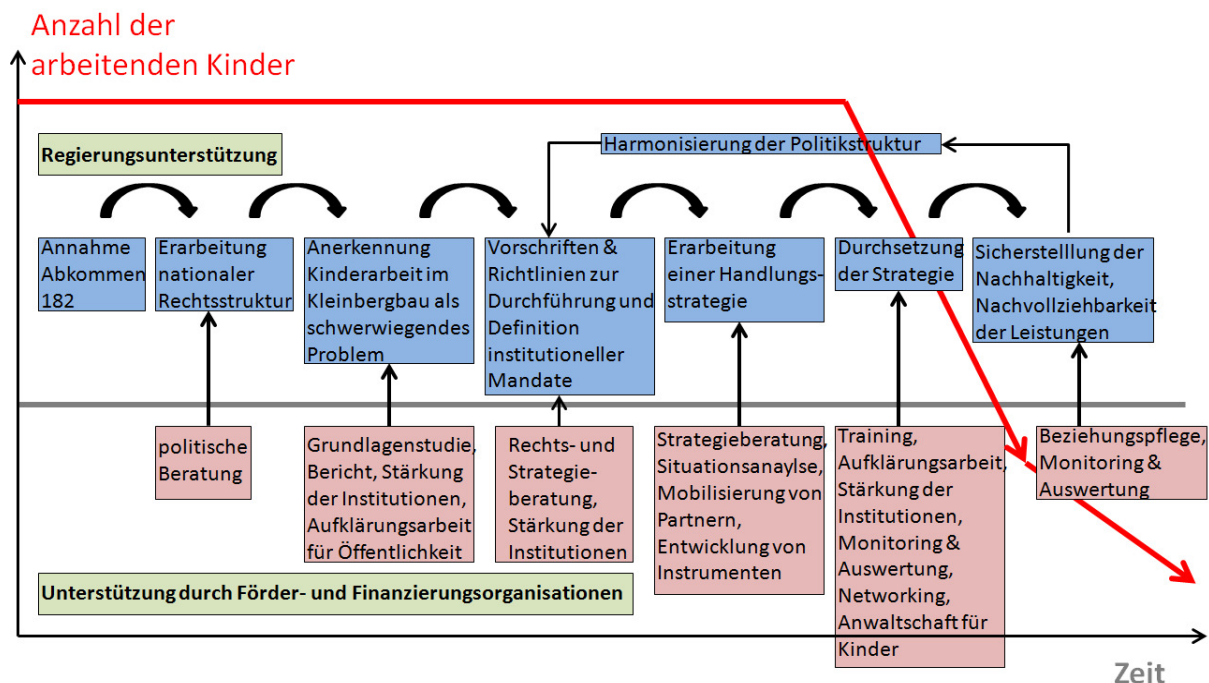


Abbildung 29: Ablauf gegen Kinderarbeit (nach ILO, 2004)

Die prekäre soziale Situation der Frauen- und Kinderarbeit im Kleinbergbau kann an konkreten Lagerstättenbeispielen in Bolivien, Ghana und der Mongolei nachvollzogen werden. In den Anlagen 3, 4 und 7 wird im Gliederungspunkt „soziale und kulturelle Situation“ mittels Texten und Fotomaterial über diese Problematik exemplarisch informiert.

2.3 Bedeutung der Arbeit für die Thematik internationaler Kleinbergbau

2.3.1 Systematisierung des vorhandenen Wissens

Im Zusammenhang mit der Erstellung dieser Arbeit wurde ein umfangreiches Literaturstudium betrieben. Die verschiedenen Quellen in- und vor allem ausländischer Literatur lassen sich zum besseren Verständnis in verschiedene Kategorien unterteilen:

- (1) *Ganzheitliche Betrachtung der Thematik:* Es gibt einige Autoren die sich mit der Gesamtproblematik des internationalen Kleinbergbaus beschäftigen. Diese betrachten alle Einflussfaktoren, beschreiben deren Wirkungsweise, erstellen daraus Strukturmodelle, erläutern daran bestehende Problemsituationen und entwickeln dafür Lösungsansätze,
- (2) *Teilbetrachtung der Thematik:* Einige Literaturquellen betrachten lediglich einen oder zwei der Kleinbergbaueinflussfaktoren oder aber die Gesamtheit der Einflussfaktoren, jedoch nur auf einen geographisch begrenzten Raum bezogen. Die Bearbeitung dieser Teilbetrachtungen erfolgt analog zu den Angaben unter (1),
- (3) *Betrachtung eines oder mehrerer spezifischer Projekte:* Einschlägige nationale und international Förder- und Finanzierungsorganisationen haben ihren Fokus auf ein spezielles Projektland gerichtet. Je nach der regionalen Problemsituation initiieren sie Projekte mit Hilfe von finanziellen und technischen Fördermaßnahmen, die nach einer ausführlichen Standortaufnahme und Rücksprache mit Entscheidungsträgern und Betroffenen vor Ort realisiert werden.

In Tabelle 15 sind die wichtigsten Literaturquellen dieser Arbeit zum Stand der Technik und des Wissens zur Thematik internationaler Kleinbergbau überblicksartig dargestellt und in eine der drei genannten Kategorien eingeteilt.

Tabelle 15: Auswahl der wichtigsten Literaturquellen dieser Arbeit zum Thema Kleinbergbau

Merkmale Literaturquelle	Kategorie (1) / (2) / (3)	schwerpunktrelevante Einflussfaktoren	Kleinbergbauregion	Inhalt / Schlussfolgerung
Barbier, 2011	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungsländer weltweit	- wichtiger Wirtschaftszweig Rohstoffexport: Ausbeutung der Naturressourcen, Armut, Unterentwicklung - nachhaltiger wirtschaften: Strategie abhängig von Historie, Kultur, Geografie, Wirtschaft; ganzheitliche Planung der Wirtschaftsentwicklung
Carstens, 2009	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Ziel: Transparenz des Kleinbergbausektors, Verbesserung der Arbeits- und Lebenssituation - Strategien zur Initiierung des Formalisierungsprozess durch den Staat
Eads et al., 2009	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	weltweit	- Vorstellung der Organisation EITI vertreten durch Regierungen, Organisationen, Zivilgesellschaft, Unternehmen von 12 Mitgliedsländern (23 Kandidaten) - Ziel: staatliche Einnahmen aus Rohstoffindustrie und deren Verwendung offenlegen
Hagen, 1995	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Definition Kleinbergbau, Rahmenbedingungen in Entwicklungsländern, wirtschaftliche Bewertung, Bergbauprojekte der technischen Zusammenarbeit, Fallbeispiele
Hilson, 2006	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Afrika	- Überblick zu wichtigsten Kleinbergbauländern in Afrika und Darstellung der wichtigsten Probleme im Kleinbergbau und Lösungsansätze
Holdinghausen, 2011	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	weltweit	- Bedarfsanalyse für Rohstoffe im weltweiten Kontext - Handel und Preispolitik auf dem weltweiten Rohstoffmarkt
Hruschka et al., 2011	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Definitionen zum Thema Kleinbergbau - Darstellung von Problemkomplexen im Kleinbergbau - Aufzeigen von durchgeführten Projekten zur Lösung verschiedener Problemsituationen
Hentschel et al., 2003	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Definition/Situationsdarstellung Kleinbergbau mit länderspezifischen Fallbeispielen - Aufzeigen von allgemeinen Lösungsansätzen zu bestimmten Problemen
Priester, 2010	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Definition von Kleinbergbau und Darstellung an konkreten Fallbeispielen - Chancen für deutsche Unternehmen bei Kleinbergbauprojekten zu arbeiten
Priester, 1997	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Afrika	- Darstellung der verschiedenen Problemkategorien im Kleinbergbau - entwicklungspolitische Konzepte der technischen Zusammenarbeit mit Deutschland
Stewart, 1989	(1)	Betrachtung aller Einflussfaktoren	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Bedeutung des Kleinbergbausektors für die nationale Wirtschaft/Bruttonationaleinkommen - Bestimmung unter welchen Kriterien sich Kleinbergbau mehr lohnt als industrieller Bergbau
Barreto, 2011	(2)	Recht	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Leitfaden für Legalisierungsprozess von Kleinbergbauaktivitäten - Leitfaden für Erarbeitung von Bergbau- und Umweltgesetzen
BAuA, 2012	(2)	Arbeitsschutz	weltweit	- Gefährdungsfaktoren und Gefährdungsbeurteilung
Eftimie, 20012	(2)	Soziales (Frauen im Bergbau)	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Definition der Situation von Frauen im Bergbau - Darstellung von Lösungsmöglichkeiten/Projektideen als Phasenmodell/Ablaufplan
Garcia, 2010	(2)	Quecksilberaufbereitung Technik, Umwelt, Arbeitssicherheit)	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Darstellung der Aufbereitungsproblematik mit Quecksilber - Auflistung von Lösungsansätzen in Form (technischen Alternativen, rechtlichen Eingriffen)
ILO, 2010	(2)	Kinderarbeit	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Informationen zur Kinderarbeit weltweit (u.a. im Bergbau) - Vorstellung der ILO Standards gegen Kinderarbeit und Auswertung der bisherigen Fortschritte - Untersuchung und Darstellung der Hauptprobleme und mögliche Lösungsstrategien - Rahmenplan mit detaillierten Zielen die bis 2016 weltweit umgesetzt sein müssen
McDevitt, 1993	(2)	Technik	weltweit	- Sammlung von manuellen, teilmechanisierten, mechanisierten Werkzeugen im Kleinbergbau
Nöstaller et al., 1995	(2)	Wirtschaft	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Darstellung der Dilemmasituationen von Bergbauverwaltung und Bergbautreibenden und Lösungsoption für Dilemmas
Priester et al., 2010	(2)	Technik	Guyana, Brasilien, Guinea, Demokratische Republik Kongo, Ghana	- Mechanisierung als Motor der Legalisierung von Kleinbergbauaktivitäten auf Diamanten - Beweisführung anhand von Fallbeispielen in verschiedenen Kleinbergbauländern
Smillie, 2011	(2)	zertifizierte Handelskette (Wirtschaft)	Kleinbergbauländer mit Diamantenförderung (Schwerpunkt Afrika)	- Darstellung Hintergrund, Richtlinien, Funktionsweise, Kontrollmechanismus, Mitgliedsstaaten des Kimberly Prozesses - Bewertung des Kimberly Prozesses als Zertifizierungssystem gegen illegalen Diamantenhandel
Wagner, 2007	(2)	zertifizierte Handelskette (Wirtschaft)	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Konzept und Funktionsweise von zertifizierten Handlungsketten - Empfehlungen und Handlungsoptionen allgemein dargestellt und mit konkreten Fallbeispielen
Walle, 2007	(2)	Arbeitssicherheit	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	- Organisation und Arbeitssicherheit im Bergbau (Sicherheitsbeauftragte, Regeln, Vorkehrungen)

Merkmale Literaturquelle	Kategorie (1) / (2) / (3)	schwerpunktrelevante Einflussfaktoren	Kleinbergbauregion	Inhalt / Schlussfolgerung
				<ul style="list-style-type: none"> - notwendige Schutzausrüstung für untertägigen Bergbau - Erste-Hilfe-Maßnahmen - Funktion und Aufbau von Aus- und Vorrichtung im untertägigen Bergbau - gefährliche Gasbildung unter Tage (Erkennung, Schutzausrüstung, Bewetterung) - Sprengarbeiten (Sprengstoffarten, Ausrüstung, Gefahren durch Sprengungen)
Wall, 2010	(2)	Politik (Organisationsform)	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	<ul style="list-style-type: none"> - Definition von Kleinbergbau und industriell betriebenem Bergbau - Darstellung von Kooperationsmodellen zwischen beiden Bergbauarten
Wotruba, 2000	(2)	Technik	Entwicklungs- und Schwellenländer weltweit	<ul style="list-style-type: none"> - Übersicht Aufbereitungsverfahren von Gold im Kleinbergbau und deren negative Auswirkungen auf die Umwelt
Bermeo et al., 2010	(3)	Fairer Handel, Groß- und Kleinbergbau, Kinder- und Frauenarbeit, Recht, Technik	Peru, Tansania, Bolivien, Uganda, China, Madagaska, Mongolei, Equador	<ul style="list-style-type: none"> - Fallbeispiele zu erfolgreichen Projekten im Kleinbergbau - Interviews mit Kleinbergbautreibenden, Behörden, Förderorganisationen
BGR, 2010	(3)	Wirtschaft, Politik, Recht	Demokratische Republik Kongo (DRC)	<ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung der Identifizierungsmethode zur Herkunftsbestimmung von Erzmineralen - Einführung zu zertifizierten Handelsketten im Bereich mineralische Rohstoffe der BGR - Projektfinanzierung durch BMZ
Charmet, 2008	(3)	Wirtschaft, Technik, Soziales	Madagaskar	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation der Abbauphase und Arbeitsbedingungen von Saphiren im Kleinbergbau - Verkaufskanäle der illegal geförderten Rohstoffe nach Asien - Darstellung der sozialen Probleme (Alkohol, Armut, Prostitution) in Kleinbergbausiedlungen
Chilmaza et al., 2009	(3)	Politik, Recht	Peru	<ul style="list-style-type: none"> - konkrete Beschreibung des rechtlichen und politischen Entwicklungsprozesses im Kleinbergbau
Decrée et al., 2010	(3)	Umwelt, Arbeitssicherheit	Demokratische Republik Kongo (DRC)	<ul style="list-style-type: none"> - Aufbau von Arbeitsgruppen (1. AG: Vorratsberechnung und Kleinbergbaulagerstätten / 2. AG: Umweltschutz / 3. AG: soziale Probleme) - Problemdarstellung und Vorstellung möglicher Lösungsansätze
Guedron et al., 2011	(3)	Quecksilberaufbereitung (Umwelt)	Französisch Guyana	<ul style="list-style-type: none"> - Untersuchungen zum Nachweis von Quecksilber (Regenwasser, Grundwasser, Fluss) im Kleinbergbaubereich auf Gold - Beschreibung der Ergebnisse und der Auswirkungen auf Mensch, Natur, Nahrung etc.
Hinton, 2011	(3)	Recht	Mongolei	<ul style="list-style-type: none"> - Auswertung der Arbeit von Bergbauorganisationen und Bergbaubehörden und Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen bei Organisation, Vergabe von Bergbaurechten, Formulierung von Gesetzestexten
ICMM, 2009	(3)	Wirtschaft, Soziales	Ghana	<ul style="list-style-type: none"> - Kleinbergbau als Motor des Wachstums und der Armutsbekämpfung - Potenzial und Möglichkeiten der Zusammenarbeit zwischen Groß- und Kleinbergbau - Erarbeitung notwendiger Maßnahmen durch Zusammenarbeit der Regierung, Firmen und anderen relevanten Akteuren - Bereitstellung eines Forums für Firmen zum Erfahrungsaustausch
Nyame, 2010	(3)	Quecksilberaufbereitung (Umwelt)	Ghana	<ul style="list-style-type: none"> - Darstellung der Umweltverschmutzung und Gesundheitsschädigung durch Quecksilber - Auswertung wie tiefgreifende politische Eingriffe (Koordination, Integration, Nachhaltigkeit) die Verwendung von Quecksilber minimieren können
Sematumba, 2011	(3)	Wirtschaft	Demokratische Republik Kongo (DRK)	<ul style="list-style-type: none"> - staatliches Bergbauverbot um Handel mit „Blutmineralen“ einzudämmen - Auswirkung: Existenzbedrohung für Kleinbergbautreibende
Spiegel, 2009	(3)	Quecksilberaufbereitung (Technik, Umwelt)	Zimbabwe	<ul style="list-style-type: none"> - Überblick zu verwendeter Ausrüstung im Goldbergbau - Darstellung von Umweltproblemen, schlechte Arbeitsbedingungen - Untersuchung der Beziehungen zwischen Kleinbergbautreibenden, Besitzern von Aufbereitungsanlagen, staatlichen Stellen, Verbesserungsvorschläge als Lösungsoption
Tu, 2010	(3)		China	<ul style="list-style-type: none"> - detaillierte Darstellung der Entwicklung der Kleinbergbausituation auf Kohle in China
Weyer, 2010	(3)	Wirtschaft, Recht, Arbeitssicherheit	Sri Lanka	<ul style="list-style-type: none"> - rechtliche Rahmenbedingungen zur Legalisierung von Kleinbergbaulagerstätten - Verkaufsregelungen und Preis von Edelsteinen aus Kleinbergbaulagerstätten - Zustandsbeschreibung von Edelsteinlagerstätten im Kleinbergbau (Ausrüstung, Arbeitsweise)
Willer, 2011	(3)	Recht, Umwelt	Peru	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung vom Bauern zum Kleinbergbautreibenden - Organisationsstruktur von informellen Kleinbergbautreibenden

Datensammlungen in Form von Softwareprogrammen werden im Zuge der Recherchearbeit zum Stand der Technik und des Wissens für diese Arbeit gesondert herausgestellt. Speziell sind die Wissensbasen die Informationen zum Thema internationaler Kleinbergbau sammeln und in Form von sogenannten Expertensystemen auswerten. Im folgenden Abschnitt werden die zwei für diese Arbeit relevanten Expertensysteme beschrieben.

Expertensystem 1

Im Zeitraum von 1988 bis 1990 wurde das Forschungsvorhaben „*Realisation of an Expert Software Prototype on a small computer for the optimization of small-scale mining*“ („Erarbeitung eines Prototyps einer Expertensystemsoftware für PC zur Optimierung von Kleinbergbauaktivitäten“) durchgeführt. Dieses Projekt kam durch die Finanzierung und Unterstützung des Forschungs- und Entwicklungsinformationsdienstes der Gemeinschaft *CORDIS* unter dem Schwerpunktthema *Life Science, Genomics and Biotechnology for Health* zu Stande. Die Projektbearbeiter waren die Polytechnische Universität von Madrid und das Zentrum für Hochschulbildung für Rohstoffe *C.E.S.M.A.T.* in Paris. Ziel der Arbeit war es eine Lösung für technische Probleme in Kleinbergbaulagerstätten zu entwickeln. Dabei sollte vor allem der Zeitaufwand zur Durchführung von regelmäßig wiederkehrenden Arbeitsschritten reduziert werden. Die Projektbearbeitung setzte sich aus zwei Teilen zusammen. Der erste Teil bestand aus Recherchearbeit zu den Themen Geologie der Lagerstätte und der Umgebung, Abbau, Aufbereitung und Betriebskosten. Den zweiten Teil bildeten der Aufbau einer Datenbank und die Verarbeitung von Erkundungs- und Abbauinformationen, fallbezogen auf eine Kleinbergbaulagerstätte in Spanien. Darauf folgte die Programmierung des Softwareprogrammes aus den erarbeiteten Kleinbergbaudaten und -prozessen. Die Anwendergruppe dieses Expertensystems sind Besitzer von Kleinbergbaulagerstätten bzw. ausgebildete Bergbauingenieure, die Planungsaufgaben im Kleinbergbau wahrnehmen (Surget, 1992).

Expertensystem 2

Ein weiteres XPS wurde 1994 im Zuge einer Doktorarbeit an der *Univertät von British Columbia, Institut für Bergbau, Berg- und Aufbereitungstechnik in Vancouver Kanada* durch Herrn *Marcello Mariz da Veiga* entwickelt. Das Thema dieser Arbeit lautete „*A heuristic system for environmental risk assessment of mercury from gold mining operations*“ („Ein heuristisches System zur umweltbezogenen Risikoanalyse von Quecksilber bei Goldbergbauaktivitäten“). Das Softwaresystem des XPS *HgEx* funktioniert durch eine Kombination aus *Fuzzy Logic* Methode und der statistischen Rückschlussmethode, die es ermöglicht unsicheres Wissen aus Beobachtungsangaben zu verarbeiten. Zielgebiet des XPS ist die Amazonasregion in Südamerika, wo illegaler Kleinbergbau durch die sogenannten „*Garimpeiros*“ betrieben wird. Als Anwendergruppe sind Personen definiert, die kein Bergbaufachwissen besitzen und sich einen Ein- bzw. Überblick zur Bioakkumulation von Quecksilber verschaffen wollen. Als Lösungen werden ein Überblick des Potenzials der Quecksilberverschmutzung, Maßnahmen zur Reduzierung des Quecksilbers und Lösungen bei bereits kritischen Situationen generiert (Mariz da Veiga, 1994).

In Tabelle 16 werden die zwei beschriebenen XPS hinsichtlich der wichtigsten Merkmale in Form einer Gegenüberstellung verglichen.

Tabelle 16: Zusammenfassung und Gegenüberstellung von XPS 1 und XPS 2

XPS Merkmale	XPS 1	XPS 2
geographische Eingrenzung	<i>keine</i>	Amazonasgebiet im Norden Südamerikas
Eingrenzung Kleinbergbau-aktivität	<i>keine</i>	informeller Kleinbergbau, Goldbergbau, Aufbereitungsprozess mit Quecksilber
thematische Eingrenzung	technische Arbeitsprozesse	Umwelteinfluss von Quecksilber
Anwendergruppe	Lagerstättenbesitzer, Bergbauingenieure	Personen ohne Bergbaufachwissen
Wissensart	sicheres Wissen (Zahlen, Daten)	sicheres und unsicheres Wissen
Lösungsart	Ausgabe von Optimierungsvorschlägen	Informationsfunktion, Ausgabe von Lösungsmaßnahmen
Aktualität	<i>nicht mehr aktuell</i>	<i>nicht mehr aktuell</i>

2.3.2 Zielstellung und Aufgaben der Arbeit

Die Idee dieser Arbeit, gemäß Kapitel 1 ist es Informationen zur Thematik Kleinbergbau bereitzustellen sowie wissenschaftlich begründete und realistisch durchführbare Handlungsempfehlungen bzw. Projektideen zu entwickeln. Als Grundlage dafür dienen typische Problemsituationen, die nach den Einflussfaktoren des Kleinbergbaus gruppiert sind. In Kapitel 2 wurden diese Einflussfaktoren (Politik, Recht, Wirtschaft, Technik, Umwelt, Arbeitsschutz, Soziales) sowie deren Teilkomponenten (z.B. Einflussfaktor Soziales: Kinderarbeit, Ausbeutung von Frauen, Armut, Bildung) benannt und erläutert. Die wichtigsten und schwerwiegendsten Problemsituationen innerhalb dieser Einflussfaktoren werden in Kapitel 3 dargestellt. Diesen Problemsituationen werden jeweils dazugehörige Lösungsmöglichkeiten beigelegt, die in Form von Projekten in Kleinbergbauländern realisiert werden können. Neben der Literaturrecherche haben vor allem die Studienreisen (Bolivien, Ghana, Mongolei), die im Rahmen der Erarbeitung dieses Projekts durchgeführt wurden zu wichtigen Erkenntnissen und einer großen Datensammlung beigetragen. Diese gesammelten Daten bildeten die Grundlage für die Aufstellung der Problemsituationen und der Ableitung dazugehöriger Lösungsmöglichkeiten. Ziel dieser Arbeit ist es daher konkret Weiterentwicklungsmöglich-

keiten des Kleinbergbausektors darzustellen. Dies wird erreicht, indem die häufigsten externen Einflüsse im Kleinbergbau sowie die daraus resultierenden Barrieren dargestellt, erläutert und gelöst werden. Als methodische Umsetzung sollen die erarbeiteten Informationen und Daten (Einflussfaktoren, Problemsituationen, Lösungsmöglichkeiten) in einer Datenbank dargestellt und ausgewertet werden. Als interaktive Umsetzungsmöglichkeit wurde dazu die Variante eines computergestützten Expertensystems ausgewählt.

Die Auswertung der recherchierten Literaturquellen zum Thema Kleinbergbau hat ergeben, dass sich die Autoren entweder mit dem Thema Kleinbergbau im Allgemeinen, mit einem speziellen Problem oder einem konkreten Beispielland befassen. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es diese drei unterschiedlichen Herangehens- und Betrachtungsweisen zu kombinieren. Zunächst wird ein allgemeiner Überblick zum Thema Kleinbergbau gegeben. Es gibt außerdem die Möglichkeit ein bestimmtes Kleinbergbauland auszuwählen und sich darüber im Allgemeinen und im Speziellen zur regionalen Kleinbergbausituation zu informieren. Weiterhin werden eine Reihe spezifischer Problemfelder des Kleinbergbaus im Zusammenhang erläutert und dazugehörige Lösungsvorschläge dargestellt. Die Umsetzung dieses neuen Ansatzes erfolgt in Form eines wissensbasierten Softwaresystems, einem sogenannten Expertensystem.

Alle Informationen, die in dieses Expertensystem einfließen stammen aus unterschiedlichen Quellen und ergeben eine umfassende Einschätzung der Probleme im Kleinbergbau sowie möglicher Lösungsalternativen. Bei den Quellen handelt es sich neben der einschlägigen Literatur unter anderem um Projekte, die von Regierungen der jeweiligen Kleinbergbauländer, nationalen und internationalen Förder- und Finanzierungsorganisationen, privatwirtschaftlichen Unternehmen und Experten auf dem Gebiet Kleinbergbau durchgeführt wurden. Des Weiteren fließen eigene Lösungsansätze bzw. Projektideen, die aus vor Ort-Recherchen in Kleinbergbauländern entwickelt wurden in das Expertensystem ein.

Dieses Expertensystem wird in Form eines Prototyps erarbeitet. Das Expertensystem übernimmt die Funktion eine neue Herangehensweise bzw. ein neues Konzept zum Thema internationaler Kleinbergbau zu verdeutlichen. Es demonstriert zum einen das Design und zum anderen die Funktion eines möglichen Endprodukts, das nach Vorstellung des jeweiligen Anwenders angepasst werden kann.

Das zu erstellende Expertensystem soll für folgende Anwendergruppen relevant sein:

- internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen und
- kleine und mittelständische privatwirtschaftliche Unternehmen (KMUs).

Als direkte Partner und somit weitere mögliche Anwender des Systems gelten staatliche Institutionen und privatwirtschaftliche Unternehmen in Kleinbergbauländern, sowie einheimische und ausländische Bildungs- und Forschungseinrichtungen.

In Kapitel 2, Gliederungspunkt 2.1.4 werden diese Anwender definiert. Anlage 5 gibt einen Überblick zu ihren generellen Funktionen und Beziehungen untereinander im Hinblick auf die Durchführung von Kleinbergbauprojekten.

Internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen können folgenden Nutzen aus dieser Datensammlung und deren interaktiver Auswertung ziehen:

- Information zu Ansprechpartnern für Kleinbergbauprojekte,
- Archivierungs- und Wiederverwendungsmöglichkeit von Projektdaten durch Einpflegen von Informationen und Erkenntnissen,
- Vermeidung von Doppelarbeit (Recherche, Partnersuche, Risikoabwägung etc.) bei Wiederaufnahme einer Projektidee die bereits in einem anderem Kleinbergbauland durchgeführt wurde,
- Generierung von neuen Projektansätzen bzw. -ideen im Kleinbergbau aus der Fülle der Datenbankinformationen,
- Nutzung von Synergieeffekten durch Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen Datenbanknutzern.

KMUs können folgenden Nutzen aus dieser Datensammlung und deren interaktiver Auswertung ziehen:

- Information zu Ansprechpartnern für Kleinbergbauprojekte,
- Generierung von Projektideen als Vorschläge bzw. für Anfragen bei internationalen Förder- und Finanzierungsorganisationen als Grundlage zur Durchführung von Kleinbergbauprojekten,
- Innovationsförderung durch Aufzeigen von Problemen im Kleinbergbau und Lösungsalternativen (Denkanstöße zur Erarbeitung neuer Produkte),
- Möglichkeiten wie KMUs mit Produkten bzw. Dienstleistungen die sehr spezialisiert oder für einen Nischenmarkt sind an Kleinbergbauanforderungen/Gegebenheiten anzupassen und in diesem Sektor aktiv zu werden,
- Aufbau und Nutzung von Netzwerken mit anderen Unternehmen und Beantragung bzw. Durchführung gemeinsamer Kleinbergbauprojekte,

Die Zusammenfassung und Anwendung von bereits vorhandenem und neuem Experten- und Spezialwissen unterschiedlicher Stakeholder (Staat, privatwirtschaftliche Unternehmen, internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen, Kleinbergbautreibende) zum Thema Kleinbergbau stellt eine große Chance für die erfolgreiche Weiterentwicklung des Kleinbergbausektors in Entwicklungs- und Schwellenländern dar. Diese Arbeit bietet eine Umsetzungsmöglichkeit bzw. Herangehensweise dafür.

Kapitel 3 Methodik - Erarbeitung, Darstellung und Bewertung von Handlungsalternativen

3.1 Forschungsstrategie

Zur Lösung der Aufgaben dieser Arbeit wurde die Strategie des „*Multi-Method Approach*“ (gemischte Forschungsmethoden) gewählt. Konkret steht diese Methode für die kombinierte Analyse und Auswertung von quantitativen und qualitativen Daten sowie für die kombinierte Verwendung von primären und sekundären Daten. Die Anwendung von gemischten Forschungsmethoden hat zwei konkrete Vorteile (Saunders, 1997):

- die unterschiedlichen Methoden können für verschiedene Zwecke, wie der Ausgabe von Informationen und der Identifizierung von Problemen zur Kleinbergbauthematik innerhalb der Arbeit angewendet werden,
- Nutzung des Effekts der Triangulation wodurch sichergestellt werden kann, dass die gesammelten Daten richtig verstanden und interpretiert werden.

Im konkreten Fall dieser Arbeit wurden die im Folgenden erklärten Methoden der Datensammlung angewendet.

Literaturrecherche

Es wurde eine ausführliche Literaturrecherche betrieben, um sich ein Bild vom aktuellen Stand des Wissens und der Technik zum Thema dieser Arbeit zu machen. In diesem Zusammenhang wurden bisher unberücksichtigte Herangehensweisen bzw. Bearbeitungsstrategien der Forschungsthematik analysiert.

Die Literaturrecherche basiert auf der Verwendung von Literaturquellen. Eine Auswahl der Literaturquellen, die zur Erstellung herangezogen wurden ist im Folgenden aufgeführt:

- wissenschaftliche Arbeiten (Literatur-, Studien-, Bachelor-, Masterarbeiten),
- Materialien von Konferenzvorträgen (Sächsischer Rohstofftag, SEMP 2012, Arbeitsgruppe Afrika etc.),
- Projektberichte des Kooperationsunternehmens,
- Formulare von Behörden zu Kleinbergbauverwaltungsprozessen (Bergbauverwaltungsbehörde Tupiza - Bolivien, Rohstoffkommission Ghana),
- Fernsehberichte und -dokumentationen (Anlage 9), Filmmaterial (Anlage 9), Zeitungs- und Zeitschriftenartikel (Anlage 9),
- Monographien,
- Regierungsveröffentlichungen von Kleinbergbauländern, Berichte internationaler Förder- und Finanzierungsorganisationen,
- Kataloge und Datenbanken von Universitätsbibliotheken (Deutschland, Bolivien, Ghana), Katalog der Bibliothek des BGR Hannover, Zeitschriftendatenbanken.

Studienreisen

Als Fallbeispiele für Kleinbergbauaktivitäten wurden die Entwicklungsländer Bolivien, Ghana und die Mongolei bestimmt. Diese wurden exemplarisch ausgewählt, weil sie einen repräsentativen Querschnitt der in Kapitel 2, Gliederungspunkt 2.1.1 identifizierten Kleinbergbauregionen weltweit darstellen. Die ausführlichen Berichte zu den drei Studienreisen sind in den Anlagen 3, 4 und 7 einzusehen. Die gesammelten Daten dieser Studienreisen in Form von Text- und Bildmaterial sind maßgeblich in die Erstellung der folgenden Kapitel, sowie in das entwickelte Expertensystem eingeflossen.

Interviews

Es wurden für diese Arbeit nicht standardisierte Leitfadeninterviews durchgeführt. Diese Art der Befragungstechnik gehört zur qualitativen empirischen Sozialforschung. Im Vorfeld der Interviews wurde eine Liste mit Gesprächsthemen und konkreten Fragen zusammengestellt. Diese Abfolge kann von Interview zu Interview unterschiedlich sein und dem Fragefluss angepasst werden. Abhängig vom Interviewpartner und dessen Funktion bzw. Beziehung zur Arbeitsthematik wurden verschiedene Fragen hinzugefügt, weggelassen und angepasst. Die Interviewpartner können frei und offen antworten, erklären und kommentieren und somit das Gespräch auf neue Betrachtungsweisen richten (Saunders, 1997).

In Anlage 10 ist ein Überblick zu den Fragen und eine Liste mit den Interviewpartnern aufgeführt. Alle Interviews wurden auf Englisch geführt und durch schriftliche Aufzeichnungen dokumentiert. Die Interviewpartner wurden in den Kleinbergbaubeispielländern interviewt und waren Repräsentanten internationalen Förder- und Finanzierungsorganisationen, Vertreter von Bergbaubehörden, Repräsentanten von Bergbaukooperationen bzw. Mitarbeiter von industriellen Bergbauunternehmen. In Tabelle 17 sind die Vor- und Nachteile, die sich während der Durchführung der Leitfadeninterviews ergeben haben, aufgeführt.

Tabelle 17: Vor- und Nachteile der Leitfadeninterviews

VORTEILE DER LEITFADENINTERVIEWS	NACHTEILE DER LEITFADENINTERVIEWS
<ul style="list-style-type: none"> - lange Befragungsdauer - Beantwortung komplexer Fragen zu den identifizierten Einflussfaktoren des Kleinbergbaus und der länderspezifischen Kleinbergbausituation - umfassendes Verständnis der Kleinbergbauproblematik - Möglichkeit Antworten nachzuvollziehen bzw. zu hinterfragen und auf Plausibilität zu testen - Erhalt von neuen Betrachtungsweisen der Thematik und Lösungsansätze für Probleme - persönlicher Kontakt für Rückfragen per E-Mail in die Fallbeispielländer 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviewpartner in Bolivien, Ghana und Mongolei waren voreingenommen gegenüber der Forschungsthematik der Arbeit - in Vergangenheit negative Erfahrungen mit Ausländern die sich nach Informationsrecherche vor Ort zum Kleinbergbau ausschließlich negativ dazu geäußert haben

Fragebögen

Für die Datensammlung dieser Arbeit wurden außerdem Fragebögen verwendet, die im Befragungsstil eines Interviews beantwortet wurden. Dazu werden Fragen gestellt, die aus einem standardisierten Fragebogen entnommen werden. Wenn die Befragten kein Englisch verstehen konnten wurden alle Fragen durch einen Übersetzer vor Ort erklärt. Alle Antworten wurden nach den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten protokolliert (Saunders, 1997).

Anlage 11 beinhaltet ein Muster des erstellten Fragebogens sowie eine Liste mit Angaben zu den verteilten Fragebögen. Diese spezielle Befragungsmethode wurde eingesetzt, um Kleinbergbautreibende bei ihrer Arbeit im Abbau oder der Aufbereitung zu befragen. Der Grund für die Wahl des Interviewfragebogens war die niedrige Alphabetisierungsquote unter den Kleinbergbautreibenden in den ausgewählten Fallbeispielländern. Tabelle 18 ist eine Auflistung der angetroffenen Vor- und Nachteile bei der Durchführung der Befragung mittels Interviewfragebögen.

Tabelle 18: Vor- und Nachteile der Interviewfragebögen

VORTEILE DES INTERVIEWFRAGEBOGENS	NACHTEILE DES INTERVIEWFRAGEBOGENS
<ul style="list-style-type: none"> - Befragung von großen Personenanzahlen - gute Einschätzung- und Vergleichsmöglichkeit zur Arbeit der Kleinbergbautreibenden innerhalb eines Landes und zwischen unterschiedlichen Entwicklungsländern - zuverlässigere Aussagen durch Überprüfungsmöglichkeit per Vergleich der Antworten - Fragen und mögliche Antworten sind kurz und knapp, so dass Kleinbergbautreibende diese auch bei der Arbeit schnell erfassen bzw. beantworten konnten 	<ul style="list-style-type: none"> - aus illegalem Handeln, Scham, Unwissen, Angst oder Abhängigkeitsverhältnis wurden Antworten verfälscht bzw. falsche Aussagen getroffen - Arbeit im Kleinbergbau stellt für Bergbautreibende nicht nur Arbeit sondern die einzige Überlebenschance dar, daher Mangel an Interesse Fragen zu beantworten - teilweise geringes Verständnis der Fragen wegen fehlender Schul- und Ausbildung - Aggressivität der Kleinbergbautreibenden - Zeitmangel; Kleinbergbautreibende konnten und wollten nicht zur Beantwortung der Fragen aufhören zu arbeiten

Zusammenfassung

Durch die Leitfadeninterviews konnten spezielle Sichtweisen verschiedener Akteure auf dem Fachgebiet des Kleinbergbaus analysiert und eingeordnet werden. Es konnte über das Literaturstudium hinaus vor allem ein umfassendes Bild zu den Einflussfaktoren des Kleinbergbaus, die daran gekoppelten Problemsituationen sowie erprobte bzw. zu testende Lösungsalternativen in Erfahrung gebracht und gesammelt werden.

Die Auswertung der Interviewfragebögen hat keine statistisch verwendbaren Ergebnisse ergeben. Grund dafür sind die in Tabelle 18 aufgeführten Nachteile und Probleme. Es konnten aber trotzdem viele Informationen aus der Befragungssituation sowie den beantworteten Fragen entnommen werden.

Dazu gehören vor allem Erkenntnisse zu:

- Arbeits- und Lebenssituation der Bergleute,
- Arbeitsprozessen und Arbeitsabläufen,
- Verdienst und Entwicklungschancen,
- Organisation und Hierarchie,
- sozialer Hintergrund etc..

Diese Einzelinformationen wurden zu einem Ganzen hinzugefügt und haben es ermöglicht ein realistisches Bild der Lebens- und Arbeitsumstände von Kleinbergbautreibenden in Entwicklungsländern zu erfassen.

3.2 Teufelskreise im Kleinbergbau

3.2.1 Vorbemerkungen

Die Bezeichnung Teufelskreis, Irrkreis oder bildungssprachlich *Circulus vitiosus* (lat. schädlicher Kreis) „beschreibt eine ausweglos scheinende Lage, die durch eine nicht endende Folge unangenehmer, einander bedingender Geschehnisse [oder] Faktoren herbeigeführt wird“ (Duden, 2013). Die wissenschaftliche Bezeichnung des Begriffs im Englischen lautet *Vicious Cycle*. Verschiedene Wissenschaftsgebiete, wie die Volkswirtschaftslehre (Deflationsspirale, Schuldenfalle, Armutsspirale), die Psychologie (Modelle von Teufelskreisen zu zwischenmenschlichen Beziehungen) oder die Soziologie (Doppelbindungstheorie) bedienen sich der Darstellungsmethode des Teufelskreises zur Erklärung von in sich geschlossenen Systemen (Collins, 2011).

In der einschlägigen Literatur zum Thema Kleinbergbau wird die Darstellungsmethode des Teufelskreises, wie in Kapitel 2 beschrieben, zuerst von *Nötstaller* (1995), später von *Hentschel et al.* (2003) oder der *Weltbank* (Wall et al., 2010) genutzt. Auf diese Art und Weise wird veranschaulicht in welcher ausweglosen Lage sich die illegal arbeitenden Kleinbergbautreibenden befinden, inwiefern ein funktionierender Wirtschaftskreislauf dieses Arbeitssektors verhindert wird und wie staatliche Eingriffe gelähmt sind. *Nötstaller* zeigt darüber hinaus eine konkrete Lösungsmaßnahme aus dieser ausweglos scheinenden Situation auf. Im folgenden Abschnitt soll diese Darstellungsmethode analog, jedoch viel komplexer Anwendung finden.

Es werden insgesamt 18 Teufelskreise nach dem Darstellungsmuster aus Abbildung 30 veranschaulicht und detailliert erläutert. Weiterhin werden zu jedem Teufelskreis Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Eine zusammenfassende Übersicht und Auswertung zu allen Teufelskreisen wird in Form einer Tabelle unter Gliederungspunkt 3.2.3 gegeben.

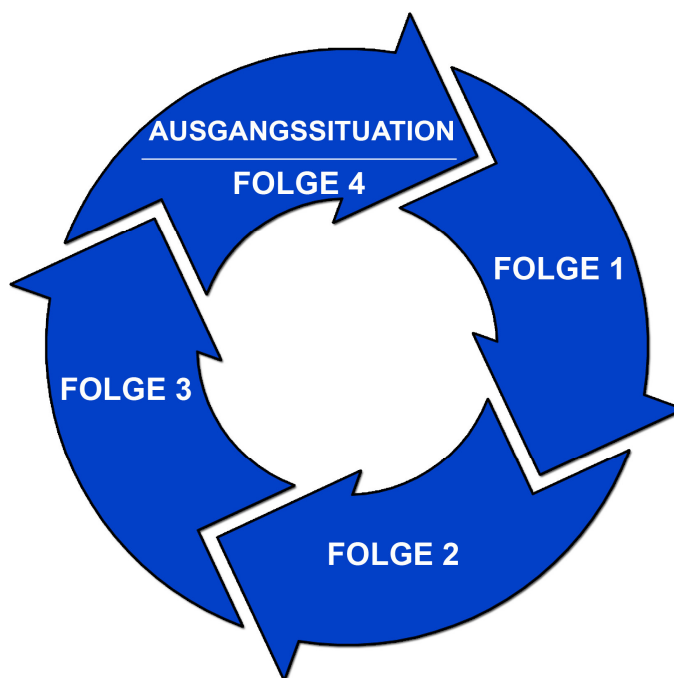


Abbildung 30: Muster Darstellung Teufelskreis

Die Teufelskreise sind nach den jeweils zugehörigen Einflussfaktoren, die für den Kleinbergbau in Kapitel 2 als relevant identifiziert wurden, gruppiert. Jedem einzelnen in sich geschlossenen Teufelskreis ist eine Liste von möglichen Lösungsmaßnahmen nachgeordnet, die realistische Auswege darstellen. Als Initiator dieser Lösungsmaßnahmen gilt in erster Linie der Staat (S), der finanzielle und fachmännische Unterstützung von internationalen Förderorganisationen (FO) erhält. Privatwirtschaftliche Unternehmen (PU), vornehmlich KMUs können ebenfalls involviert sein, beispielsweise als Auftragnehmer der Förderorganisationen. Ergänzend dazu sind in Anlage 5 die genauen Beziehungen zu Beauftragung und Projektbearbeitung dieser Akteure veranschaulicht. Im folgenden Abschnitt sind am Ende jeder Lösungsmaßnahme der einzelnen Teufelskreise die farbigen Abkürzungen der jeweiligen Akteure zu finden, die durch Hoheitsmacht, finanzieller Unterstützung und/oder speziellem Fachwissen maßgeblich für deren Umsetzung zuständig sind.

3.2.2 Teufelskreise nach Einflussfaktoren

Einflussfaktor Politik

Illegale Kleinbergbauaktivitäten sind in der Regel nur sehr schwierig zu lokalisieren, weil sie in versteckten und oftmals schwer zugänglichen Gebieten angesiedelt sind. Standorte in diesem Zusammenhang sind beispielsweise Talkessel oder Buschland. Versteckte und schwer zugängliche Lagerstätten verringern das Risiko, dass die Kleinbergbautreibenden von Polizei und Behörden entdeckt und für illegale Aktivitäten zur Rechenschaft gezogen werden können.

In Abbildung 31 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 31: Standortproblematik

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - rechtliche (Legalisierung, Bergbaugesetz) und wirtschaftliche (Anteil an nationaler Wertschöpfung) Anerkennung,
 - Ausgabe von Informationen, Daten, Fakten zum Kleinbergbau durch staatliche Einrichtungen (Wirtschaftsministerium, Bergbauministerium, Industrie- und Handelskammern etc.),
 - Durchführung von unabhängigen Marktstudien zur Erarbeitung von Entwicklungstendenzen im Kleinbergbau und öffentliche Weitergabe dieser Informationen,
 - positive Kommunikation zum Kleinbergbau in Presse, Fernsehen, Rundfunk,
 - Gründung von Interessenvertretungen für Kleinbergbausektor, Anwerben von Mitgliedern, Organisation der Kleinbergbautreibenden, Lobbyarbeit für Kleinbergbauaktivitäten,

- Legalisierung von Kleinbergbauaktivitäten und Einrichtung einer Bergaufsicht **S/FO**,
 - Festlegung von rechtlichen Rahmenbedingungen im Bergbaugesetz zu legalen Kleinbergbauaktivitäten,
 - Erarbeitung eines Punkteplans für Kleinbergbautreibende um Mindestanforderungen zu erreichen,
 - Gewährung einer Übergangszeit ohne Sanktionen für Kleinbergbautreibende zur Durchführung von Anpassungsmaßnahmen,
 - Verhängung von Sanktionen bei Verweigerung der Umsetzung/Nichteinhaltung,
 - Bergaufsicht: Entscheidungen über Zulassung/Genehmigung von Bergbauaktivitäten, Wahrnehmung von Kontroll- und Aufsichtspflichten, Umsetzung von Bergbaugesetz, -richtlinien und -verordnungen, Untersuchungen von Unfällen und Betriebsereignissen, Entscheidung über bergbauliche Eingriffe in Natur/Umwelt,
- Lokalisierung der illegalen Kleinbergbaulagerstätten **S/FO/PU**,
 - Verwendung/Analysen von satellitengestützten Fernerkundungsdaten,
 - Verwendung/Analysen von flugzeuggestützten Fernerkundungsdaten (Herstellung von Luftbildkarten durch ferngesteuerte Drohnenflüge mit Kamera bzw. bemannte Flugzeuge mit Kamera über potenzielle Kleinbergbaugebiete),
 - genaue Lokalisierung erfolgt durch Vegetations- und Landbedeckungsklassifizierung (Kleinbergbaustandorte sind großflächig gerodet, verschlammt und durch Zugangsstraßen gekennzeichnet),
 - Abfahren der identifizierten Kleinbergbaulagerstätten mit PKW bzw. Boot zur Überprüfung der Angaben und genauen Aufnahme der Kleinbergbauaktivitäten,
- Sammlung und Sichtung von verfügbaren Daten aus Archiven **S/FO/PU**,
 - Zusammentragen aller verfügbaren historischen und aktuellen Daten und Karten zu geologischen Informationen und Rohstoff-/Bergbauinformationen des Landes,
 - Gruppierung der Daten in Kategorien: Rohstoffvorkommen, erkundende Lagerstätten, aktive Lagerstätten, historische/aktuelle Lizenzgebiete, Bergbauunternehmen etc.,
 - Nutzung der Daten zum Aufbau einer computergestützten Datenbank zum Abfragen der Daten (Benutzergruppen: Behörden, Investoren, Bergbautreibende etc.),
- geologische Erkundung und Kartierung nationaler Rohstoffvorkommen **S/FO/PU**,
 - zur flächendeckenden Bestimmung der nationalen Rohstoffvorkommen und Feststellung der Abbauwürdigkeit einzelner Lagerstätten,
 - einzelne Schritte: Archivrecherche, Auswertung von Luft- und Satellitenbildern, geodätische Vermessung mittels GPS (topographische Geländeaufnahme), Probenahme und Analysen, GIS Anwendung/Modellierung, Erstellung von Kartenmaterial, Darstellung der Ergebnisse für spezifische Lagerstätten mittels 3D Modellen,
- Zuweisung von bestimmten Konzessionsgebieten an Kleinbergbautreibende **S**,
 - Festlegung von Einheitsgrößen für Kleinbergbaulagerstätten in verschiedenen nationalen Bergbaurevieren (Grundlage ist flächendeckende Erkundung/Kartierung),
 - Identifizierung von geeigneten Gebieten für Kleinbergbauaktivitäten mit Merkmalen, wie: nahe Kleinbergbausiedlungen, großes zusammenhängendes Gebiet das in viele kleine Konzessionsgebiete aufgeteilt werden kann, Lagerstätten die geeignet für Kleinbergbauarbeiten sind und somit unwirtschaftlich für Großbergbaubetriebe (kleine aber hoffige Lagerstätten bzw. große Lagerstätten mit geringer Höffigkeit).

In vielen Kleinbergbauländern weltweit gibt es in verschiedenen Regionen historisch gewachsene Volksstämme, die sich bis heute durch einen inneren Zusammenhalt auszeichnen und sich von der nationalen Staatsführung abgrenzen. Innerhalb der Volksstämme existiert eine hierarchische Struktur. An der Spitze steht ein Stammesoberhaupt. Dieses kümmert sich mit Hilfe eines Stammesrates um die Verwaltung der angestammten Ländereien, deren Verpachtung und Bewirtschaftung, sowie um externe und interne politische und rechtliche Entscheidungen. Ein Volksstamm lebt in der Regel nach einer eigenen Kultur- und Sozialstruktur und übt oftmals eine eigene Form der Naturreligion aus (Heemskerk, 2003). Die beschriebenen typischen Charakteristika von Volksstämmen implizieren die Bildung eines Staates im Staate. In Anlage 7, Gliederungspunkt 1 wird diese Situation am Beispiel des Kleinbergbaus in Ghana beschrieben.

In Abbildung 32 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 32: parallele Politikstrukturen

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Gewährung aller Grundrechte [S](#),
 - gegebenenfalls Verankerung durch extra Artikel im Gesetz,
 - Möglichkeit in nationale politische Parteien einzutreten bzw. eigene Partei zu gründen,
- Integration der Volksstämme in die nationale Regierungsführung durch Zugang zu Parlamentssitzen bzw. politischen Ämtern für Stammesoberhäupter [S](#),

- Akzeptanz der Lebensführung der Volksstämme hinsichtlich Ausübung der eigenen Kultur und Religion **S**,
 - Bewahrung der Traditionen und der Stammesgeschichte (Museen, Feste, Musik, Theater etc.),
 - Verwendung der Stammessprache als Zweitsprache in Schulen, Behörden, öffentliche Beschilderung etc.,
 - Anerkennung und freie Ausübung der Stammesreligion,
- Integration der Volksstämme in das öffentliche Leben **S/FO**:
 - Umsetzung der UNO Deklaration zu den Rechten von Ureinwohnern (UNDRIP 2007): offizielle Anerkennung der Stammessprache, Einbeziehung in politische, rechtliche und administrative Abläufe, Dokumentation von Ausgrenzungssituationen, Durchsetzung von Rechten für Kinder, Kooperation und Informationsaustausch mit bestehenden Institutionen der Volksstämme, rechtliche Anerkennung und Schutz der Stammesgebiete, Sicherstellung der medizinischen Versorgung.

Die hohen Rohstoffpreise und die Möglichkeiten mit relativ einfachen technischen Voraussetzungen und geringen wirtschaftlichen Mitteln illegalen bzw. informellen Kleinbergbau im Hinterland rohstoffreicher Entwicklungs- und Schwellenländern zu betreiben, lockt auch Geschäftemacher mit Investitions- und Ausbeutungsabsichten an. Diese vor allem ausländischen Kleinbergbautreibenden kommen illegal aus direkten Nachbarländern über die Grenze oder aber auch von anderen Kontinenten und reisen mit einem Touristenvisum ins Land ein. Kleinbergbautreibende aus Nachbarländern haben kaum Probleme von den Einheimischen geduldet zu werden, denn sie kommen in der Regel aus ähnlichen sozialen Verhältnissen und haben kaum Verständigungsprobleme. Geschäftemacher mit einem gänzlich anderen kulturellen Hintergrund haben größere Schwierigkeiten anerkannt zu werden. Durch Bestechungsgeschenke für Stammesoberhäupter und den billigen Verkauf von Bergbaumaschinen erkaufen sie sich das Recht durch die einheimischen Kleinbergbautreibenden geduldet zu werden. Eines der bekanntesten Beispiele ist der durch Chinesen betriebene illegale Kleinbergbau auf Gold in Ghana.

In Abbildung 33 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 33: Geschäftemacher im Kleinbergbau

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Erarbeitung und Verabschiedung von bilateralen Abkommen zwischen betroffenen Ländern (Kleinbergbauland, Herkunftsland der illegalen Einwanderer) **S/FO**,
 - Abkommen zu Handlungsmöglichkeiten zwischen zwei Kleinbergbauländern,
 - Abkommen zwischen Kleinbergbauland und Herkunftsland der illegalen Einwanderer,
- Erarbeitung und Verabschiedung von strengeren Gesetzen für illegale Einwanderer **S/FO**,
 - Verhängung von Geldstrafen,
 - Einbeziehung der Öffentlichkeit: Pressemeldungen, großflächige Poster an öffentlichen Orten zur Problematik mit Aufruf zur Mithilfe bei Aufdeckung,
 - Intensivierung der Kontrolle durch Polizei, Gründung einer Sondereinheit zum Einsatz in Kleinbergbaugebieten,
- Statuierung von Exempeln (Abschiebeprozesse, Geldstrafen, Pressearbeit) **S/FO**,
- Einführung von bestimmten Kooperationsmodellen zwischen einheimischen und ausländischen Bergbautreibenden **S/FO/PU**,
 - Handelsabkommen im Rohstoffbereich für Kleinbergbauaktivitäten,
 - Einführung bestimmter Unternehmensmodelle für landesübergreifende Partnerschaften mit Tätigkeitszuweisungen (z.B. Bergbaulizenzinhaber aus Rohstoffland, technische Geräte/Werkzeuge von ausländischer Seite),

- Einführung von Förderprojekten zur bilateralen Zusammenarbeit und Integration zwischen Kleinbergbauländern,
- Möglichkeit der Erlangung der Staatsbürgerschaft des Kleinbergbaulandes (Koppelung an bestimmte zu erfüllende Voraussetzungen).

Der sogenannte Konfliktbergbau, bezeichnet die Förderung und den Verkauf von Rohstoffen durch bewaffnete paramilitärische Gruppen. Der Kleinbergbau bildet in diesem Zusammenhang die Grundlage für bewaffnete Konflikte und kriminelle Handlungen. Der Konfliktbergbau wird nach zwei unterschiedlichen Mustern durchgeführt. Entweder betreiben diese Gruppen direkt selbst illegale Kleinbergbauarbeiten und verkaufen ihre geförderten Rohstoffe oder sie erpressen illegale Kleinbergbautreibende, indem sie hohe Abgaben auf deren Rohstoffförderung verlangen. In beiden Fällen finanzieren diese Rebellengruppen so den Kauf von Waffen, Munition und anderen Verbrauchsgütern. Derartige illegale Handlungen sind durch staatliche Kräfte nur sehr schwer zu kontrollieren und zu unterbinden. Zu den offiziell bestätigten Konfliktmineralen zählen Gold, Tantalzerze, Zinn (Kassiterit) und Tungsten (Wolframit). Vor allem in den Regionen von Zentral- und Ostafrika sowie in Südamerika ist der Konfliktbergbau stark verbreitet. Exemplarisch sind die Rebellengruppen im Kongo und die Guerillagruppe *FARC* in Kolumbien zu nennen.

In Abbildung 34 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.

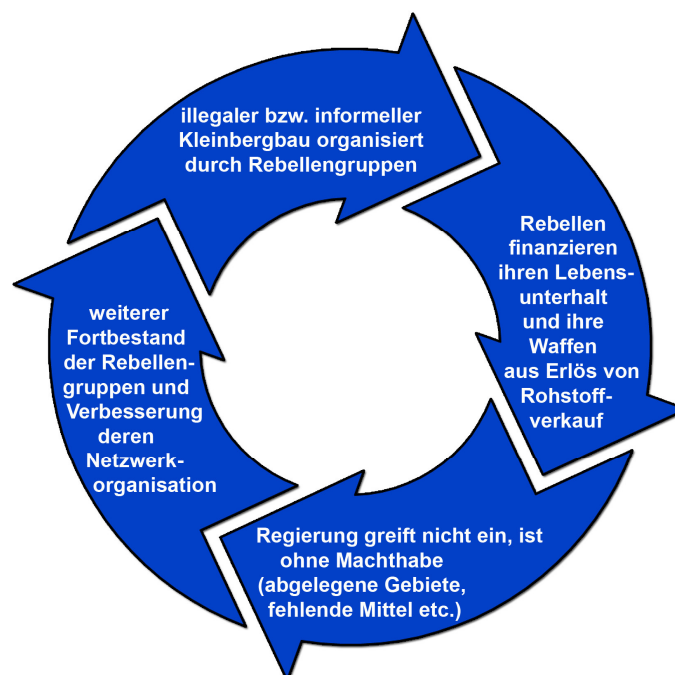


Abbildung 34: Konfliktminerale

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - *Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,*
- Erarbeitung und Einführung von Zertifizierungsstandards mineralischer Rohstoffe (Gesetze und Richtlinien) **S/FO/PU**,
 - *Beispiele siehe Kapitel 2, Gliederungspunkt 2.2.4*
- Entwicklung und Verwendung von speziellen Geräten und Systemen zur Herkunftsermittlung bzw. Nachverfolgung der Transportwege von Rohstoffen **S/FO/PU**,
 - Abfüllen des abgebauten Materials in einheitliche Säcke unter Aufsicht von ausgebildetem Personal (zertifiziertes Aufsichtspersonal der jeweiligen Lagerstätte),
 - Verschließen der gefüllten Behälter (Säcke) durch ein spezielles Siegel: z.B. RFID-Siegel: Identifizierung durch elektromagnetische Wellen, das automatische Identifizierung und Lokalisierung ermöglicht,
 - Siegel kann verschiedene Daten beinhalten: Name der Lagerstätte, ID des Behälters (Sack), ID des Aufsichtspersonals, Datum der Versiegelung,
 - Transport zu Zwischenlager und Verifizierung der Siegel Daten, bei Unstimmigkeiten erfolgt Rücksendung,
 - Transport zur Aufbereitungsanlage und Verifizierung der Siegel Daten, bei Unstimmigkeiten erfolgt Rücksendung,
 - Transportfahrzeuge können mittels GPS-Sender durchgängig verfolgt werden (Stillstand und Routenabweichungen werden erkannt).

Illegale und informelle Kleinbergbauaktivitäten werden häufig in ungeordneter und uneinheitlicher Organisationsform durchgeführt. Je nach Entwicklungsgrad des Kleinbergbaus werden die Arbeiten im Familienverbund unter Mitwirkung aller Familienmitglieder durchgeführt oder es wird im Team, bestehend aus Gleichgesinnten mit bestimmtem Bergbauwissen gearbeitet. Die Hauptarbeitsprozesse Rohstoffabbau und Rohstoffaufbereitung werden entweder nacheinander geschaltet, von ein und denselben Kleinbergbautreibenden durchgeführt oder sie werden separiert und von unterschiedlichen Kleinbergbaugruppen erledigt. Abhängig von der Größe der Lagerstätte arbeitet dort eine unterschiedlich hohe Anzahl an Kleinbergbautreibenden, die wiederum zu einer oder zu mehreren Gruppen gehören. Die Größe einer einzelnen Bergbaugruppe variiert ebenfalls stark von einem Bergmann bis hin zu einer Gruppe von Bergbautreibenden, die ähnlich einer Linienproduktion arbeiten. Derartig unterschiedliche Organisationskriterien und die Tatsache, dass die illegal und informell arbeitenden Kleinbergbautreibenden nicht zentral registriert oder organisiert sind, erschweren den offiziellen Stellen einen Überblick zur Beschäftigung auf diesem Gebiet zu erhalten. In den Anlagen 3, 4 und 7 wird jeweils unter dem Abschnitt „Organisationsformen“ diese beschriebene Situation exemplarisch für die Kleinbergbauländer Bolivien, Ghana und die Mongolei erläutert.

In Abbildung 35 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 35: unregelte Organisationsform ohne Interessenvertretung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Festlegung einer oder mehrerer einheitlicher Organisationsformen für Kleinbergbauaktivitäten [S/FO](#),
 - Privatfirma mit traditioneller Organisationsstruktur: alle Arbeitsschritte des Bergbauprozesses (Abbau, Aufbereitung, Verkauf) werden vom Eigentümer der Firma und seiner Familie durchgeführt,
 - Privatfirma für Abbau oder Aufbereitung: Separierung der beiden Hauptarbeitsgänge - Abbau und Aufbereitung: 1. Variante: Privatfirma führt nur Abbauaktivitäten aus und verkauft das Rohmaterial, 2. Variante: Privatfirma führt nur Aufbereitungsprozesse durch und verkauft das Konzentrat,
 - Privatfirma mit angestellten Bergleuten: Lizenzhalter der Lagerstätte ist gleichzeitig auch Besitzer der Produktionsmittel (Abbau- und Aufbereitungsmaschinen, Aufbereitungschemikalien etc.),
 - Privatfirma mit angestellten Bergleuten und ausländischer Beteiligung,
 - Kooperative,
- Gründung einer offiziellen Interessenvertretung für nationalen Kleinbergbausektor [S](#),
 - Erfahrungsaustausch, Hilfe bei Abbau- und Aufbereitungsprozessen, Weiterbildungsveranstaltungen, Arbeitssicherheitsübungen,
 - Vermittlung von Gemeinschaft durch gesellschaftliche Veranstaltungen (Sport, Familienveranstaltungen, traditionelle Bergbaufeste etc.),
 - Kooperative Organisationsform als Interessenvertretung gekoppelt an tägliche Bergbauarbeit,

- Organisation aller Kleinbergbautreibenden eines Bergbaureviers: Interessenvertretung unabhängig von täglicher Bergbauarbeit,
- Gewährleistung einer direkten und unproblematischen Kommunikation zwischen Bergbaubehörden und Kleinbergbautreibenden [S](#),
 - Einrichtung von regionalen Kleinbergbauverwaltungscentren in allen Rohstoffrevieren,
 - Kleinbergbautreibende müssen nicht in die Hauptstadt um Bergbauministerium für Verwaltungsprozesse aufzusuchen,
 - Registrierung und Durchführung des Legalisierungsprozesses,
 - Durchführung von regelmäßigen Kontrollen der illegalen und der lizenzierten Lagerstätten durch Personal der regionalen Bergbauverwaltungscentren,
 - regionale Bergbauverwaltungscentren stehen in ständigem Kontakt zum nationalen Bergbauministerium.

In Entwicklungs- und Schwellenländern in denen illegaler und informeller Kleinbergbau betrieben wird, existieren parallel industrielle Großbergbauprojekte, die durch nationale, ausländische oder Joint Venture Unternehmen betrieben werden. Bei der offiziellen Vergabe eines Konzessionsgebietes an ein Bergbauunternehmen in dem es Kleinbergbauaktivitäten gibt, kann es zu Konflikten der beiden Parteien hinsichtlich Nutzungsansprüchen kommen. Unter Umständen führen die Auseinandersetzungen sogar zu gegenseitiger Zerstörungen der Abbaustätten und der Arbeitsgeräte. Häufig kommt es sogar zu gewaltsamen Handgreiflichkeiten (Davidson, 1998).

In Abbildung 36 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 36: Konflikt zwischen Groß- und Kleinbergbau

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Dokumentation der Situation und Erarbeitung eines Integrationskonzepts **S/FO/Großbergbauunternehmen**,
 - Ziel: Erarbeitung einer Lösung zum friedlichen Zusammenleben und -arbeiten ohne aggressive und gewalttätige Ausschreitungen,
 - Organisation von Treffen beider Parteien (Kleinbergbautreibende, Repräsentanten von Großbergbauunternehmen) und Besprechung der Situation,
 - Suche nach einvernehmlicher Lösung, Anfrage an nationale Bergbauverwaltung zur Unterstützung bzw. Genehmigung von Vorhaben,
- Festlegung spezieller Kleinbergbauabbaugebiete **S/FO/PU**,
 - Variante 1: innerhalb des Lizenzgebietes des Großbergbaubetriebs (ausschließlich manuelle Arbeit, ohne Beeinträchtigung der Großbergbauarbeiten): Bestimmung von geeigneten Lagerstätten-teilen die Kleinbergbautreibenden zugewiesen werden (am Rande der Konzessionsfläche, Gebiet in dem bereits Kleinbergbau betrieben wurde)
 - Variante 2: Vergabe von speziellen Kleinbergbaukonzessionsgebieten: Festlegung von Einheitsgrößen für Kleinbergbaulagerstätten in verschiedenen nationalen Bergbaurevieren (Grundlage ist flächendeckende Erkundung/Kartierung),
- Gruppierung in legale Organisationsformen (Kooperative, Privatfirma) oder Integration in Großbergbaubetrieb (Festlegungen: geregeltes Einkommen, Arbeitsschutzschulungen und -ausrüstung, Werkzeuge/Geräte) **S/Großbergbauunternehmen**,
- Verkauf abgebauter Rohstoffe an Großbergbaubetrieb (Vorteil Kleinbergbautreibender: Abnahmequelle/fairer Verkaufspreis, Vorteil Großbergbaubetrieb: hohe Rohstoffqualität durch Handverlesung) **Großbergbauunternehmen**,
- Ausgleichszahlung bzw. Umsiedlung der Kleinbergbaugemeinschaft und Bau neuer Siedlungen, Schulen, Gebäude des öffentlichen Lebens (Kirchen, Kliniken etc.) **S/Großbergbauunternehmen**.

Einflussfaktor Recht

Die Schaffung eines rechtlichen Rahmens und die damit verbundene Initiierung eines Legalisierungsprozesses stellen einen wichtigen und grundsätzlichen Schritt für den Kleinbergbausektor dar. Um den Abbau von Rohstoffen und das Recht auf deren Veräußerung zu legalisieren, müssen entsprechende Gesetze erarbeitet und verabschiedet, bestimmte Verwaltungsstrukturen geschaffen und ein funktionierender Kontrollmechanismus eingeführt werden. Um die Effektivität und Machbarkeit dieser rechtlichen Regelungen zu gewährleisten, müssen die besonderen Gegebenheiten im Kleinbergbau berücksichtigt werden (Ellmies, 2004).

In Abbildung 37 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 37: fehlende Rechtsgrundlage und Kontrollmechanismus

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Verabschiedung eines Kleinbergbaugesetzes [S/FO](#),
 - Annahme wichtiger Bergbaurichtlinien des Völkerrechts,
 - Erarbeitung eines Gesetzestextes zum Kleinbergbau und Integration in nationales Bergbaugesetz,
- Einrichtung von regionalen Kleinbergbauverwaltungsbehörden einhergehend mit Ankündigungen und Öffentlichkeitsarbeit [S/FO](#),
- Koordination und Durchsetzung des Legalisierungsprozesses [S/FO](#):
 - Methoden der Belohnung und Bestrafung
 - finanzielle Unterstützung, Hilfestellung bei Beantragungsprozess, einfache und realisierbare Auflagen, regelmäßige Kontrollen der Kleinbergbauarbeiten, Strafen als Exempel bei Verstößen, Schulungen.

Einflussfaktor Wirtschaft

Abbildung 38 verdeutlicht den Teufelskreis der für den Staat aufgrund von illegalen und informellen Kleinbergbauaktivitäten, sowie dem Rohstoffschmuggel und Schwarzmarktverkauf resultiert.



Abbildung 38: illegaler Rohstoffverkauf

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Festlegung zum Ankauf von illegal geförderten Rohstoffen [S](#),
 - staatliche Ankaufstellen für Rohstoffe bzw. staatlich zertifizierte private Ankaufstellen sind autorisiert illegal geförderte Rohstoffe von Staatsbürgern anzukaufen,
 - 1. Funktion: illegale Kleinbergbautreibende an Staat zu binden und Vertrauen zu schaffen,
 - 2. Funktion: Verlust aus Steuern und Abgaben durch illegale Kleinbergbauaktivitäten für Staat einzudämmen (fehlende Steuereinnahme durch illegale Abbauaktivitäten ohne Bergbaulizenz und Rohstoffschmuggel bzw. Schwarzmarkthandel von aufbereiteten Rohstoffen),
- Anreize für offiziellen Rohstoffverkauf schaffen [S/FO](#),
 - nationalen Ankaufspreis an Schwarzmarktpreise annähern, zeitlich begrenzter Sonderpreis um mit illegalen Kleinbergbauleuten in Kontakt zu treten, zu registrieren und Probleme zu erfassen
- Einrichtung eines freien und offenen Marktes für An- und Verkauf von national geförderten Rohstoffen [S/FO](#),
 - nur Zulassung von staatlich zertifizierten privaten Ankaufsstellen mit Betreibern die nationale Staatsbürgerschaft haben,
 - Entstehung von Wettbewerb unter den privaten Ankaufstellen (Regulierung der anzukaufenden Menge an Rohstoffen, Variierung der Ankaufspreise),
 - große Auswahl und Preisunterschiede der unterschiedlichen Ankaufstellen macht Schwarzmarkt unattraktiv,
- verstärkte Grenzkontrollen, bilaterale Abkommen mit Nachbarländern gegen Rohstoffschmuggel und Schwarzmarktverkauf [S](#),

- Spezialeinheit der Polizei führt verstärkt Einsätze an Grenzen gegen Rohstoffschmuggel durch,
- Kooperation mit Polizei der Nachbarländer für effektivere Grenzüberwachung,
- Staffelung der Steuer- und Abgabensätze [S](#),
- Festlegung in Abhängigkeit von Abbau-, Aufbereitungsart, Ausbringungsmenge und Mechanisierungsgrad.

In den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern wird die wirtschaftliche Bedeutung des Kleinbergbausektors verkannt. Industrielle Großbergbauprojekte ausländischer Firmen werden klar bevorzugt. Fakt ist aber, dass der Kleinbergbau etwa gleich viele Arbeitsplätze wie der Großbergbau schafft. Bergbauprojekte im industriellen Stil haben in der Regel lediglich einen positiven wirtschaftlichen Einfluss auf ihre direkte Umgebung. Dieser Umstand ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass der Großteil aller Gewinne ins Ausland abfließt. Kleinbergbauprojekte haben ebenfalls keinen großen gesamtwirtschaftlichen Einfluss. Dieser Umstand resultiert aus korrigierbaren Gründen, wie unter anderem fehlender Regulierungen und Investitionen und schlechter Transport- und Infrastrukturgegebenheiten (Stewart, 1989).

In Abbildung 39 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 39: Fehleinschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Realisierung der Vorteile des Kleinbergbaus [S/FO/PU](#),

- beschäftigungsintensiv,
- erwirtschafteter Mehrwert bleibt im Land,
- Arbeitsplätze von vorgeschalteten Gewerken (Werkzeugmacher, Ladengeschäfte für Lebensmittel etc.) und nachgeschalteten Gewerken (Aufbereitungsanlagen, Transportunternehmen etc.) sind davon abhängig,
- industrieller Großbergbau ist im Unterschied kapitalintensiv und mechanisiert (weniger Bedarf an einfachen Bergbautreibenden, höhere Qualifizierung nötig),
- ausführliche Prüfung bei Bergbaulizenzvergabe an ausländische Firmen ob Bergbauprojekt selbst realisiert werden kann **S**,
 - vorrangige Behandlung bei Vergabe von Bergbaukonzessionen an lokale Kleinbergbautreibende,
 - Erarbeitung von Kooperationskonzepten zur technischen und finanziellen Unterstützung der Kleinbergbautreibenden durch Großkonzerne (Integrationskonzepte),
- finanzielle, technische, institutionelle, soziale Unterstützung **S/FO/PU**,
 - staatliche Hilfen für Kleinbergbausiedlungen bzw. staatliche Beantragung von Fördermitteln bei internationalen Organisationen,
 - Förderung des Kleinbergbausektors als Entwicklungsmotor der nationalen Wirtschaft,
 - Projekte zur Erhöhung des Lebens-, Ausbildungs- und Arbeitsstandards der Kleinbergbaugemeinschaft (Zugang zu Schulen, Gesundheitssystem, Versorgungsleitungen, Infrastruktur etc.).

Einen schwerwiegenden Teufelskreis stellt der Zugang zu Investitionskapital für Kleinbergbautreibende dar. Sie können mit dem Ertrag aus dem Verkauf ihrer geförderten Rohstoffe oftmals nur den Lebensunterhalt für sich selbst und ihrer Familien aufbringen. Um ihre Arbeiten zu legalisieren benötigen sie Zeit für den Beantragungsprozess und Geld für Gebühren und Steuern. Ebenso verhält es sich mit der Anschaffung von neuen und moderneren Arbeitsgeräten um die Produktivität der Bergbauarbeiten steigern zu können.

In Abbildung 40 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 40: Finanzierungsproblematik

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Projektförderung mit günstigen Krediten [S/FO \(regionale Entwicklungsbanken\)](#),
 - Mikrokredite mit Regierungsgarantien: Vergabe von Kleinstkrediten durch nationale Banken an Gründer von Kleinstunternehmen, niedriger Zins für gesamte Laufzeit gleichbleibend, geringe Kredithöhe für 1. Beantragung, bei erfolgreicher Rückzahlung mögliche Gewährung, eines höheren 2. Kredits,
 - Mikrokredite/peer to peer lending/crowdfunding: gemeinnützige Vermittlungsorganisationen die auf Onlineplattformen Geldgeber und Kleinstunternehmer aus Entwicklungsländern zusammenbringen, Koordination Vorort im Bergbauland muss gewährleistet sein (Unterstützung der Kleinbergbautreibenden zur Präsentation ihres Projekts und Darstellung Online),
 - gesetzliche Regelung zum Zugang zu Finanzierungshilfen gewährleisten,
 - Vorbereitung der Kleinbergbautreibenden (Ausbildungskurse) zu Finanzierungshilfen und Beantragungsprozessen,
 - Förderung ohne Rückzahlung durch Förderprojekte von Finanzierungsorganisationen (mit Regierungsbezug aus In- und Ausland, Entwicklungsbanken oder Nichtregierungsorganisationen aus In- und Ausland),
 - Entwicklungsbanken: bündeln Entwicklungsgelder und gewähren Kredite an bedürftige Staaten, Vergabe von Projekten für Entwicklungsländer an Unternehmen und Förderorganisationen mit Spezialkenntnissen auch aus Industrieländern.
- Risikokapital/Eigenkapitalbeteiligung [PU/Einzelpersonen als Privatinvestoren](#),

- Privatfirma mit angestellten Bergleuten und ausländischer Beteiligung: staatlich unterstützt durch Schaffung einer rechtlichen Grundlage (z.B.: Service Support Company: Anlage 7, Gliederungspunkt 4.4),
- ausländische Partner können Einzelpersonen oder kleine und mittelständige Unternehmen sein; bringen Kapital, Erfahrungen, Kenntnisse über Bergbauplanung, Arbeitsorganisation, Beschaffung von Maschinen und Automatisierungstechnik ein,
- Partner schließen mit Lagerstättenbesitzer Vertrag über Art und Umfang der Beteiligung, Vereinbarung über Höhe des Anteils am Rohstoffverkauf,
- Joint Venture Unternehmen **S/PU/Großbergbauunternehmen**,
 - aus staatlicher und privatwirtschaftlicher Beteiligung als Bedingung für Großbergbauunternehmen im Land aktiv zu werden, Kleinbergbau muss zwingend einbezogen werden.

Ohne die Gewährung von internationalen Finanzierungshilfen, und die Durchführung von Förderprojekten ist es schwer, umfassende und nachhaltige Einflüsse bzw. Verbesserungen im illegalen und informellen Kleinbergbau zu erzielen. Die bereitgestellten Gelder für Entwicklungshilfe durchlaufen in der Regel verschiedene Verwaltungsebenen oder sind an eine starre Verwaltungsstruktur gebunden. Aus diesem Grund ist auf Transparenz zu achten und sicher zu stellen, dass der volle Umfang der Unterstützung die Kleinbergbautreibenden erreicht.

In Abbildung 41 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 41: Transparenzdefizit und Korruption

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Einrichtung eines temporären Büros vor Ort mit Projektmitarbeitern **FO**,
 - während allen Projektphasen sind mehrere Vertreter der Förderorganisation anwesend zur Koordination und zum Monitoring aller Arbeiten,
- Kontrolle der ordnungsgemäßen Verwendung von Fördergeldern **FO**,
- Ortung von finanzierten und zur Verfügung gestellten Sachleistungen **PU**,
 - Anbringung von Ortungssendern,
 - Positionsüberwachung und Aufzeichnung der Standorte,
 - Information per E-Mail oder SMS wo sich Geräte etc. befinden bzw. Abfrage von Bewegungslinien,
- Aufstellung eines ausführlichen Finanzplans mit Maßnahmenzuweisung und genauem Zeitplan **FO**,
- Kooperation und Transparenz über Einzelmaßnahmen/Projektetappen mit Staat **FO**,
- ausführliche Dokumentation aller Handlungen und Verwendungsnachweise **FO**,
- Schulungen **FO**,
 - parallel zur Projektdurchführung werden Einheimische in allen Arbeiten der Koordination und des Monitorings ausgebildet,
 - Absicherung dass nach Projektende der Nutzen und die Arbeitsweise erhalten bleibt, durch ganzheitliche Einbeziehung der Siedlungsgemeinschaft um Identifikation mit Projekt und dessen Nutzen zu gewährleisten,
 - Argwohn gegen Neuheiten und Veränderungen wird vorgebeugt durch Informationsaustausch, Aufklärung und Kooperation,
 - Überzeugung der Siedlungsgemeinschaft von Projektnutzen.

Einflussfaktor Technik

Kleinbergbautreibenden weltweit fehlt in der Regel der Zugang zu fachlicher Beratung und Unterstützung, sowie zu notwendigen modernen Maschinen und Geräten. Sie leben häufig am Existenzminimum und haben keine Chance aus eigener Kraft ihre Bergbauaktivitäten weiter zu entwickeln.

In Abbildung 42 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 42: veraltete Technik und geringe Mechanisierung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Einrichtung von Sammelagern für Bergbaugeräte für Anmietung und Verkauf S/FO/PU,
 - Beschaffung von Werkzeugen/Geräten: Zusammenführung und Instandsetzung von gelagerten, ungenutzten Maschinen aus Vorhaben der Entwicklungszusammenarbeit, ehemaligen Bergbauprojekten, Lager von staatlichen Bergbauunternehmen etc., Abgabe von gebrauchten Maschinen durch industrielle Bergbauunternehmen, Herstellung von Geräten aus Materialien vor Ort, Kauf von Bergbaugeräten durch Finanzierungshilfen aus Förderprojekten der technischen Zusammenarbeit,
 - Gründung einer Beratungs- und Dienstleistungsgesellschaft: staatliche Unterstützung, Finanzierung durch Förderprojekt, Schulung der Angestellten zu Wartungsarbeiten, technische, organisatorische und administrative Beratungsleistungen, Management etc., Vermietung, Leasing und Verkauf von Werkzeugen und Geräten, Angebot der direkten Beteiligung an Bergbauarbeiten gegen Bezahlung,
 - Organisationsstruktur: Schaffung einer Freihandelszone auf Gebiet der Organisation (Sonderwirtschaftszone mit Erleichterungen für Investoren im Steuer- und Zollrecht); Dachorganisation: Stiftung mit Abwicklung der Dienstleistungen durch Privatfirmen oder durch Stiftung selbst,
- Ortung von Geräten durch eingebaute Sender zum Schutz vor Missbrauch PU,
 - Anbringung von Ortungssendern an Ausrüstungsgeräte,
 - Positionsüberwachung und Aufzeichnung der Standorte,
 - Information per E-Mail oder SMS wo sich Geräte befinden bzw. Bewegungslinien,
 - robust, wetterfest, lange Batterielaufzeit, ohne Stromanschluss,
- Entwicklung von standortspezifischen Arbeitsgeräten FO/PU,

- Erstellung von Werkzeugen/Geräten mit vor Ort verfügbaren Materialien,
- je nach Bedarf und Lagerstättenart Bau von Werkzeugen/Geräten,
- eventuell Einrichtung einer Werkstatt und Versorgung mit Werkzeugen/Geräten für Kleinbergbautreibende der Umgebung,
- Veröffentlichung von Kontakten zu günstigem Kauf von gebrauchter Bergbauequipment **S/FO/PU**,
- Modelle zum Ratenkauf von Werkzeugen und Geräten **S/FO/PU**,
- Schulungen/Ausbildung zur Handhabung der neuen Werkzeuge und Ausrüstung und zu Bergbautechnologie (Strossenbauweise, Aufhaldung etc.) **S/FO/PU**.

Ein großer Vorteil von Kleinbergbauaktivitäten in Entwicklungsländern ist das Merkmal des hohen Beschäftigungsgrades. Die Erstinvestitionen für Bergbauequipment sind bei derartigen Projekten sehr gering. Die dabei generierte Nettowertschöpfung in Form von Arbeitslöhnen kurbelt den nationalen Entwicklungsprozess an. Unter anderem aus Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit, bezogen auf die effektive Nutzung von Rohstoffen und hinsichtlich der Verbesserung der Arbeitsbedingungen ist eine stetige Weiterentwicklung des Kleinbergbausektors anzustreben (Stewart, 1989).

In Abbildung 43 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 43: sinkender Beschäftigungsgrad durch steigende Technisierung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Erweiterung der Verarbeitungstiefe **FO/PU**,
 - Einführung von zusätzlichen spezialisierten Arbeitsgängen und –prozessen bei Abbau- und Aufbereitungsarbeiten,
 - Erhöhung des Mechanisierungs- und Technisierungsgrades schafft neue Arbeitsplätze mit anderen Anforderungen (Wartungs- und Kontrollpersonal etc.),
- Erweiterung der Wertschöpfungskette zur Schaffung von Arbeitsplätzen **FO/PU**,
 - Herstellung von eigenen Werkzeugen/Geräte die an spezielle Lagerstättenverhältnisse angepasst sind,
 - eigene Ausbildung von Bergarbeitern als Nachwuchs für Einsatz im Kleinbergbau,
 - Verarbeitung des abgebauten und aufbereiteten Rohstoffs zu Endprodukten und Verkauf in eigenen Ladengeschäften (je nach Rohstoffart: Schmuck, Kunstobjekte, Arbeitsplatten, Fassadenplatten, Bodenplatten, Arbeitswerkzeuge etc.),
- Design von Pilotanlagen **S/FO/PU**,
 - Unterstützung beim Bau von lagerstätteneigenen Aufbereitungsanlagen bzw. gemeinschaftlich nutzbaren Anlagen.

Einflussfaktor Umwelt

Illegale oder informelle Kleinbergbauaktivitäten finden in der Regel nur zeitlich begrenzt an einem bestimmten Standort statt und verfügen über kein vorangestelltes Planungs- und Investitionskonzept. Diese Situation führt zu einer Reihe von Umweltschäden, wie beispielsweise Abholzung, Verseuchung durch den Einsatz von Chemikalien zur Aufbereitung, Zerstörung von Flussläufen und Uferbereichen, Verschlammung von Gewässern. Ohne ein gezieltes Regel- und Steuerungssystem wird der Kleinbergbau weiterhin irreparabel auf das Ökosystem einwirken (Labonne, 1996).

In Abbildung 44 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 44: fehlende Umweltschutzstandards und -aufklärung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Umweltverträglichkeitsstudien **FO/PU**,
- Zuweisung von speziellen Abbaugebieten, Durchsetzung mittels Kontrollen **S/FO/PU**,
 - Kleinbergbauaktivitäten dürfen nicht in Gebieten durchgeführt werden die ökologisch schwach, biologisch vielfältig oder Naturschutzgebiete sind,
 - Festlegung von Einheitsgrößen für Kleinbergbaulagerstätten in verschiedenen nationalen Bergbau-revieren (Grundlage ist flächendeckende Erkundung/Kartierung),
 - Identifizierung von geeigneten Gebieten für Kleinbergbauaktivitäten,
- Erarbeitung und Verabschiedung eines Kleinbergbaugesetzes inklusive Umweltstandards (Entsorgung, Wasserhaltung, Sanierung) **S/FO/PU**,
 - Einrichtung einer Umweltbehörde die alle Anträge auf Kleinbergbauarbeiten hinsichtlich negativer Beeinflussung der Umwelt genehmigen muss,
 - ohne Genehmigung der Umweltbehörde wird keine offizielle Bergbaulizenz erteilt,
 - Vorlage einer Karte des geplanten Abbaugebietes mit eingezeichneten Flüssen, Straßen, Brunnen und Beschreibung der vorhandenen Vegetation des Gebietes,
 - Erstellung eines Sanierungsplans mit der Behörde (Art und Umfang der Kleinbergbauaktivitäten, Liste aller Sanierungsarbeiten und Kostenschätzung bzw. Festlegung der Höhe eines eventuell ein-zurichtenden Sanierungsfonds),

- Ablauf der Sanierungsarbeiten: Verfüllung aller Hohlräume, Einebnung und Modellierung der Oberfläche (max. Böschungswinkel festlegen), Anpassung der Oberfläche an Nachnutzung des Landes bzw. an Erscheinungsbild vor Bergbauarbeiten, alle Arten von Müll (Hausmüll, kaputte Geräte etc.) werden vom Gebiet entfernt und entsorgt, Steine, Kies die zur Herstellung der Lagerstätte entnommen wurden, werden wieder eingebracht, Auftragen einer fruchtbaren Deckschicht und ziehen von Gräben um Wasserablauf zu gewährleisten und Wegschwemmen des Mutterbodens zu vermeiden,
- Festlegung von erlaubten und verbotenen Abbau- und Aufbereitungsverfahren S/FO/PU,
 - rechtliche Handlungsgrundlage für Sanktionen wenn bei Lagerstättenkontrollen durch Behörden Verstoß festgestellt wird,
 - Verhinderung dass Umwelt durch Kleinbergbauaktivitäten negativ beeinflusst wird,
 - Aufzeigen von geeigneten Alternativen um Kleinbergbauarbeiten trotzdem gewinnbringend durchführen zu können.
- Durchführung von Trainings- und Weiterbildungsmaßnahmen S/FO/PU,
 - Theoriekurse zu Themen: Abfallmanagement von flüssigen und festen Abfällen, Wasser- und Bodenverschmutzung, Ausmaß des Abtragens von Deckschichten, Abholzung,
 - Demonstrationen: Vermittlung wie sichere Halden und Tailings aufgeschüttet/gebaut werden; Durchführung von Sanierungsarbeiten (Verfüllen von Tagebauen und Tiefbaulagerstätten, Modellierung, Aufbringung einer fruchtbaren Deckschicht die natürlicher Sukzession überlassen werden kann),
- Übergabe von Informationsmaterial in Bild-, Video- und Textform S/FO/PU,
- Aufbau eines Lehr- und Trainingsbergwerks S/FO/PU,
- Einführung von alternativer umweltschonender Technik (Retortensystem etc.) S/FO/PU,
 - Retortensystem: Einsatz bei Aufbereitung/Extraktion von goldhaltigem Material; Verbrennung von Amalgam (Quecksilber-Gold-Gemisch) wird in Retorte im geschlossenen Kreislauf durchgeführt,
- Anreize schaffen als Motivationszweck S/FO/PU
 - Pfandsystem um Müll zu beseitigen,
 - bei Verfüllung der Abbaugrube Prämienzahlung = Unterstützung/Koordination/Kontrolle durch Bergbauverwaltung.

Einflussfaktor Arbeitsschutz

Fehlende Arbeitsschutzkleidung, Unwissen über Gefahren bei Abbau- und Aufbereitungsprozessen sowie alte und nicht instandgehaltene Ausrüstung führen regelmäßig im Kleinbergbau zu Verletzungen und Todesfällen. Ein umfassendes Maßnahmenpaket, bestehend aus Aufklärungsarbeit, Gesetzen und Kontrollmechanismen muss situationsbezogen erarbeitet werden (Ellmies, 2004).

In Abbildung 45 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.

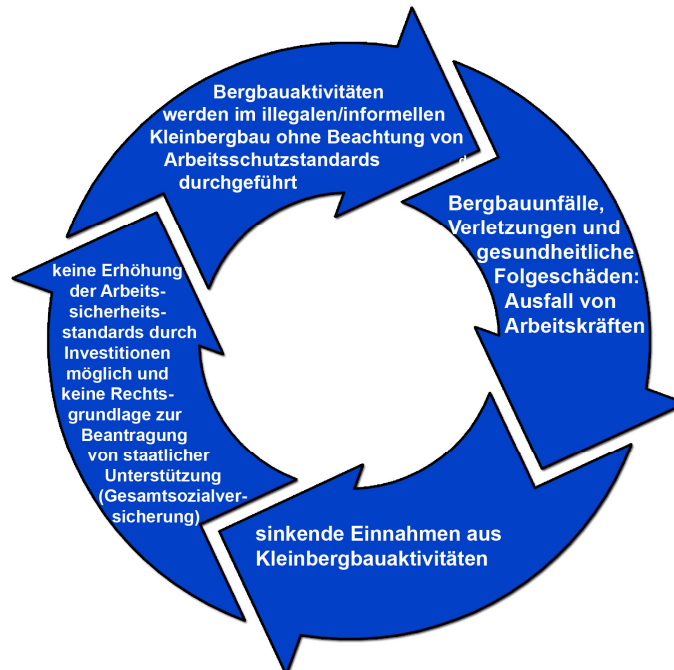


Abbildung 45: fehlende Arbeitsschutzstandards und -aufklärung

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Erarbeitung und Verabschiedung eines Kleinbergbaugesetzes inklusive Arbeitssicherheitsstandards **S/FO/PU**,
 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument,
 - Anerkennung der Bergbaurichtlinien des Völkerrechts für Arbeitssicherheit im Bergbau,
- Durchführung von Trainings- und Weiterbildungsmaßnahmen **S/FO/PU**,
 - Vermittlung von theoretischen Lehrinhalten: Gefahrenaufklärung im Kleinbergbau über- und unter Tage,
 - Vermittlung von praktischen Lehrinhalten im Demonstrationsbergwerk bzw. Demonstrationstagebau (Übungen zum Arbeitsschutz, Auffahrung-, Abbau-, Aus- und Vorrichtungs- und Förderung im Bergwerk/Tagebau, richtiger Umgang mit Werkzeugen und Maschinen),
- Übergabe von Informationsmaterial in Bild-, Video- und Textform **S/FO/PU**,
- Einrichtung einer nichtstaatlichen Organisation **S/FO/PU**
 - Bergknappschaftsmodell, Genossenschaftsmodell bzw. Kooperative,
 - zur Sozialfürsorge (Krankenversicherung, Rentenversicherung, Hinterbliebenenversorgung).

Einflussfaktor Soziales

Kinder werden im Kleinbergbau in Entwicklungsländern als Arbeitskräfte eingesetzt. Gründe dafür sind unter anderem ihre billige Arbeitskraft, ihre geringe Körpergröße und Wendigkeit und die Armutssituation der Familien. Es müssen Alternativen geschaffen werden die es den Familien, die im Kleinbergbau tätig sind, ermöglichen ihren Kindern ein altersgerechtes Leben zu gewähren. Durch gezielte Förderprojekte muss die Tatsache ausgenutzt werden, dass Eltern im Allgemeinen ein besseres Leben für ihre Kinder anstreben (ILO, 2004).

In Abbildung 46 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 46: Kinderarbeit

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor [S](#),
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Erarbeitung und Verabschiedung eines Kleinbergbaugesetzes inklusive Arbeitsschutzstandards [S/FO/PU](#),
 - Anerkennung der Bergbaurichtlinien des Völkerrechts gegen Kinderarbeit im Bergbau,
 - Verhängung von Sanktion bei Weiterbeschäftigung von Kindern, Erteilung von Belohnungen für Einhaltung der Kinderschutzgesetze für Bergbauarbeiten,
 - Erarbeitung von bestimmten regionalen bzw. lokalen Kinderarbeitsregulierungen,
 - Gründung einer institutionellen Vertretung (Verwaltungsabteilung) gegen Kinderarbeit,
- Aufbau eines Schulsystems mit Schulpflicht im ländlichen Raum (schulische Grundausbildung) [S/FO/PU](#),

- Vergabe von Schulstipendien,
- Organisation von Schulbussen und Routen,
- Einrichtung einer Schulbücherei,
- Organisation von Nachhilfeunterricht,
- finanzielle Unterstützung für ärmere Familien durch Staat S/FO,
 - um keine Mehrkosten durch Schulbesuch der Kinder anfallen zu lassen,
 - Kostenübernahme für Mahlzeiten, Schulbücher, Ausflüge etc.,
- Übergangszeit mit flexiblen Schulzeiten für Bergbauarbeit und Lerneinheiten S/FO,
 - um Umstellungs- und Organisationsproblemen vorzubeugen wenn Arbeitskraft und Einnahmen des Kindes für Familie fehlen,
 - Einführung einer Halbtagslösung: Schulunterricht am Vormittag und Bergbauarbeit am Nachmittag,
 - zeitlich begrenzte Zwischenlösung,
- Sonderlösung für Familien in denen der Ernährer tot ist und Kinder den Lebensunterhalt verdienen müssen S/FO,
 - alleinerziehende Eltern mit Kindern erhalten finanzielle Förderung um Verdienstaufschlag des Kindes durch Schulbesuch zu kompensieren.

Der Anteil von Frauen im Kleinbergbau ist umso höher je geringer das Organisationslevel der Bergbauaktivitäten und je geringer der Technisierungs- und Mechanisierungsgrad ist. Die Arbeit, die Frauen verrichten, unterscheidet sich innerhalb der Kleinbergbauregionen und innerhalb der unterschiedlichen Kulturkreise. Arbeiten Frauen direkt im Kleinbergbau führen sie hauptsächlich Transport- und Aufbereitungstätigkeiten durch. Sind sie indirekt im Bergbau beschäftigt üben sie Nebentätigkeiten als Köche und Dienstleister aus. Weil Frauen häufig keine Abbauarbeiten durchführen gelten sie auch nicht als echte Bergbautreibende und verdienen deutlich weniger als Männer. In vielen Fällen arbeiten Frauen im Bergbau und sind die restliche Zeit im Haushalt tätig und kümmern sich um die Kinder. Mit dieser Doppelbelastung arbeiten sie in der Regel 4 bis 8 Stunden täglich länger als Männer. Oft bleibt diese Tatsache unbeachtet und wird nicht honoriert (Eftimie ,2012).

In Abbildung 47 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 47: Frauenarbeit

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Erarbeitung und Verabschiedung eines Kleinbergbaugesetzes inklusive Arbeitsschutzstandards **S/FO/PU**,
 - Erarbeitung von Arbeitsschutzgesetzen die besondere Bedürfnisse von Frauen berücksichtigen (Arbeitsbedingungen, Sanitäreinrichtungen, geeignete/angepasste Schutzausrüstung für Frauen etc.),
 - Aufhebung von Gesetzen die Frauen davon abhalten Bergbaurechte zu erwerben und Bergbauerkundungsarbeiten durchzuführen um nicht als Bergbautreibender sondern als Besitzer einer Lagerstätte tätig zu werden,
 - Erarbeitung von gesetzlichen Bestimmungen die faire Entlohnung für Frauen im Bergbau garantieren (Gegensteuerung zur Ausbeutung von Frauen im Bergbau),
- Durchführung von Ausbildungs- und Weiterbildungskursen zum Bergbau mit gleichberechtigter Beteiligung von Frauen **S/FO/PU**,
 - Ausbildungsprogramme zur Herstellung von fertigen/halbfertigen Produkten für verschiedene Industrien (Schmuckindustrie, Keramikhandwerk etc.),
 - Schulungskurse für Frauen zur Selbstorganisation um unabhängiger zu werden,
- Gleichberechtigung beim Zugang zu Finanzierungsmöglichkeiten (Kredite mit Regierungsgarantien, Kleinstkredite, Förderung ohne Rückzahlung) **S/FO**,
- Erhöhung der Präsenz von Frauen im Kleinbergbau **S/FO**,

- Erhöhung des Frauenanteils in der Verwaltungsstruktur von Siedlungsgemeinschaften die vom Kleinbergbau abhängig sind,
- Eintrittsmöglichkeit von Frauen in Bergbauorganisationen von Männern,
- Erhöhung des Frauenanteils in der Bergbauverwaltung,
- Gleichberechtigter Zugang für Frauen zu Infrastruktur **S/FO**,
 - Gleichberechtigte Nutzung von Aufbereitungsanlagen,
 - Anpassung von ausgewählten Werkzeugen und Arbeitsgeräten an physische Möglichkeiten von Frauen.

Generell gibt es in Entwicklungsländern einen akuten Fachkräftemangel. Speziell im illegalen und informellen Kleinbergbau verfügen im Allgemeinen nur wenig Bergbautreibende über einen Grundschulabschluss. Das notwendige Wissen zu den einzelnen Bergbauprozessen erlangen sie während der Arbeit durch erfahrene Bergleute. Traditionell wird das Bergbauwissen auch von Generation zu Generation weitergegeben. Aus dieser Situation resultiert die Problematik, dass technische Neuerungen einhergehend mit Effizienzsteigerung und Verbesserungen der Arbeitssituation im Kleinbergbau kaum oder nur schleppend Einzug halten.

In Abbildung 48 ist der daraus resultierende Teufelskreis dargestellt.



Abbildung 48: Fachkräftemangel

Es sind folgende unterschiedliche Lösungsmaßnahmen vorstellbar:

- Anerkennung des Kleinbergbaus als offizieller Tätigkeitssektor **S**,
 - Erläuterungen siehe Lösungsmöglichkeiten Teufelskreis Abb. 31: Standortproblematik,
- Aufbau eines nationalen Ausbildungssystems im Fachgebiet Bergbau **S/FO/PU**:
 - Berufsschule (unteres Management): Ausbildung von Berufen die für verschiedene Industriesektoren auch Bergbau gebraucht werden (Elektriker, Schweißer, Mechaniker etc.),
 - Fachschulausbildung (mittleres Management): wissenschaftliche Ausbildung (Lehre und Forschung) mit starker anwendungsorientierter Ausrichtung, verstärkte Zusammenarbeit mit Unternehmen,
 - Universitätsausbildung (höheres Management): wissenschaftliche Ausbildung (Lehre und Forschung) in Studiengängen der Geowissenschaften (Geologie, Bergbau, Markscheidewesen etc.),
- Bau und Management von Einrichtungen **S/FO/PU**,
 - Standortwahl in Bergbaurevieren um Kontakt zu Unternehmen und Bergbauaktivitäten zu haben, eventuelle Modernisierung von bestehenden Gebäuden oder Errichtung von Schulgebäuden für Lehrunterricht,
 - Aufbau und Ausstattung von Werkstätten für Technikerausbildung,
 - Aufbau und Ausstattung von Laboren für Hochschulausbildung,
 - Einrichtung von Bibliotheken mit moderner Literatur und elektronischen Medien,
 - Einrichtung von Computerpools mit Internetzugang,
 - Einrichtung von Forschungszentren,
 - Knüpfung von Netzwerken mit anderen Fakultäten, Wirtschaftsunternehmen und Bergbauverwaltung,
 - Internationale Vernetzung mit anderen ähnlichen Bildungseinrichtungen,
 - Entwicklung einer Hochschulverwaltung.
- Erstellung von Curricula und Lehrmaterialien **FO/PU**,
- Ausbildung von Trainern **FO/PU**,
 - Ausbildung von Dozenten im Ausland an jeweiligen Bildungseinrichtungen mit identischen thematischen Schwerpunkten,
 - Einführung von Master- und Doktorandenausbildung im Inland.

3.2.3 Übersichtsmatrix Teufelskreise und Lösungsmaßnahmen

Zur Zusammenfassung und Auswertung des Gliederungspunkts 3.2 dient Tabelle 19. Diese Übersichtsmatrix zur Gewichtung der Teufelskreise und der Lösungsmaßnahmen stellt ein einfaches Expertensystem dar. Unter Zuhilfenahme der Wissensklassifikation der überdeckenden Diagnose bzw. des kausalen Diagnose Scores werden aus vorhandenen Lösungen die ausgewählt, welche die beobachteten Merkmale am besten erklären, das heißt überdecken und somit am häufigsten abgeleitet werden können (Seidel, 2008).

Alle dargestellten Teufelskreise sind in der linken äußersten Tabellenspalte nach den jeweiligen Einflussfaktoren gruppiert. Die oberste Tabellenzeile verzeichnet die wichtigsten und am häufigsten aufgetretenen Lösungsmaßnahmen der Teufelskreise. Durch ein Kreuz sind jeweils die Kombinationen zwischen Teufelskreis und Lösungsmaßnahme gekennzeichnet, die logisch zusammenpassen und bereits im Gliederungspunkt 3.2.2 als geeignet identifiziert und dargestellt wurden. Als Lösungsmenge ergeben sich acht verschiedene Spalten. Bei vier Lösungsmengen davon lassen sich die meisten Kreuze ablesen. Diese sind durch blaue Kästchen gekennzeichnet. In der untersten Zeile der Tabelle werden als Ergebnis dieser Betrachtung und Auswertung kurz die Schwerpunkte und die damit in Verbindung stehenden Gruppen von Akteuren zur besseren Übersichtlichkeit zusammengefasst.

Als Ergebnis können aus der Tabelle die folgenden vier Schwerpunkte mit der häufigsten Überdeckung abgeleitet werden:

- rechtliche Rahmenbedingungen (14 Überdeckungen),
- Finanzierungshilfen und Projektentwicklung (12 Überdeckungen),
- Monitoring, Kontrolle und Transparenz (8 Überdeckungen),
- Bildung (9 Überdeckungen).

Im Zuge der Entwicklung eines Expertensystems für die vorliegende Arbeit zum Thema Kleinbergbau werden diese vier Schwerpunkte im Expertensystem vorrangig betrachtet.

Tabelle 19: Gewichtung der Teufelskreise und Lösungsmaßnahmen

Lösungsmaßnahmen	Offizielle Anerkennung des Kleinbergbau-sektors und Legalisierung der Aktivitäten durch Staat	Schaffung von Transparenz, Dokumentation, Kontrolle, Strafen bei Nichteinhaltung von Auflagen	Integrationsmaßnahmen und Förderung der Zusammenarbeit	Zuweisung von speziellen Konzessionsgebieten für Kleinbergbauaktivitäten	Festlegung von speziellen Organisationsformen und Gründung einer Kleinbergbauinteressenvertretung	Finanzierungshilfen und Projektentwicklung für Kleinbergbautreibende	Flächendeckende Erkundung und Kartierung nationaler Rohstoffvorkommen	Schulungen, Aus- und Weiterbildung, Demonstration, Text- und Bildmaterial
Teufelskreise								
Politik								
Standortproblematik	X	X	-	X	-	-	X	-
parallele Politikstrukturen	X	-	X	-	-	X	-	-
Konfliktminerale	X	X	X	-	-	X	-	-
Geschäftemacher im Kleinbergbau	X	X	X	-	-	X	-	-
ungeregelte Organisationsform ohne Interessenvertretung	X	X	-	-	X	-	X	-
Konflikt zwischen Groß- und Kleinbergbau	-	-	-	X	X	X	X	-
Recht								
Rechtsgrundlage und Kontrollmechanismus	X	X	-	-	-	X	-	X
Wirtschaft								
illegaler Rohstoffverkauf	X	X	X	-	-	-	-	-
Fehleinschätzung der wirtschaftliche Bedeutung	X	-	X	-	-	X	-	-
Finanzierungsproblematik	X	-	-	-	-	X	-	-
Transparenzdefizit und Korruption	-	X	-	-	-	X	-	X
Technik								
veraltete Technik und geringe Mechanisierung	-	X	-	-	-	X	-	X
sinkender Beschäftigungsgrad und steigende Technisierung	-	-	-	-	-	X	-	X
Umwelt								
fehlende Umweltschutzstandards und -aufklärung	X	-	-	X	-	-	X	X
Arbeitsschutz								
fehlende Arbeitsschutzstandards und -aufklärung	X	-	-	-	X	-	-	X
Soziales								
Kinderarbeit	X	-	-	-	-	X	-	X
Frauen im Bergbau	X	-	X	-	X	X	-	X
Fachkräftemangel	X	-	-	-	-	-	-	X
Schwerpunkt/Akteur	<i>rechtliche Rahmenbedingungen/Staat</i>	<i>Monitoring, Kontrolle, Transparenz/Staat, internationale Organisation, Privatwirtschaft</i>	Integrationsmaßnahmen und Förderung der Zusammenarbeit/ Staat, internationale Organisationen	Spezielle Konzessionsgebiete/Staat	Spezielle Organisationsformen und Kleinbergbauinteressenvertretung/Staat, internationale Organisationen	<i>Finanzierung, Projektentwicklung/Staat, internationale Organisationen, Privatwirtschaft</i>	Erkundung und Kartierung/Staat, internationale Organisationen, Privatwirtschaft	<i>Bildung/Staat, internationale Organisation, Privatwirtschaft</i>

3.2.4 Zeitfaktor und Wirkungsgrad der Lösungsmengen

Der Faktor Zeit spielt eine wichtige Rolle bei der Betrachtung und Auswertung der Lösungen der Teufelskreise. Nur mit Hilfe eines konkreten zeitlichen Hintergrundes können realistische Einschätzungen und Entscheidungen getroffen werden. Projektentwickler, die im Kleinbergbausektor tätig werden, sind auf eine zeitliche Orientierung angewiesen um die Projektthematik auszuwählen, den Projektzeitraum zu bestimmen, den Projektablauf zu planen und den Projekterfolg abzuschätzen.

Mit dem Vier-Felder-Diagramm (Abbildung 49, Tabelle 20) wird verdeutlicht welche Dauer und welchen Wirkungsgrad die Umsetzung der acht identifizierten Lösungsmengen aus Tabelle 19 haben. An der X-Achse ist die Umsetzungszeit von langsam bis schnell abzulesen. An der Y-Achse ist der Wirkungsgrad, der die Effizienz Kleinbergbauprobleme zu lösen beschreibt von niedrig bis hoch dargestellt.

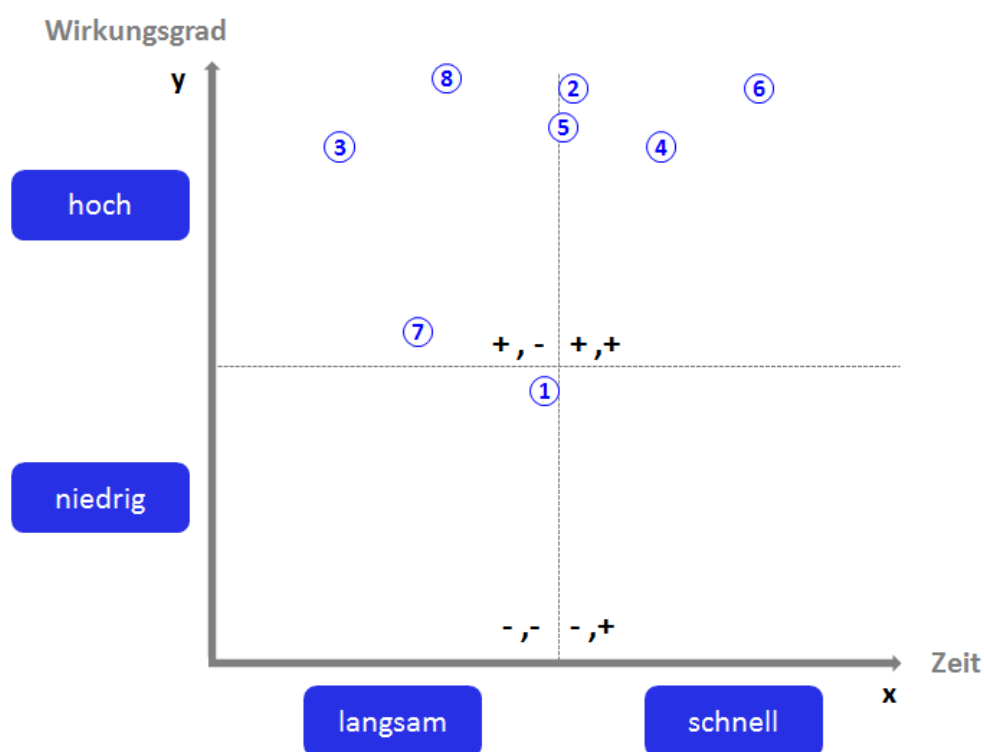


Abbildung 49: Vier-Felder-Diagramm

Tabelle 20: Erläuterungen zum Vier-Felder-Diagramm

Nr.	Lösungsmenge
1	Rechtliche Rahmenbedingungen
2	Transparenz, Monitoring und Kontrolle
3	Integrationsmaßnahmen und Förderung der Zusammenarbeit
4	Spezielle Konzessionsgebiete
5	Spezielle Organisationsformen und Kleinbergbauinteressenvertretung
6	Finanzierungshilfen und Projektentwicklung
7	Erkundung und Kartierung
8	Bildung

Im Diagramm ist zu erkennen, dass sich die Position der Lösungsmengen hinsichtlich Wirkungsgrad und Umsetzungsdauer unterscheiden. Am schnellsten und wirksamsten zu realisieren sind Projekte, die durch eine Finanzierung von außen initiiert werden. Dazu zählt z.B. die Finanzierung des Kaufs von moderner Bergbauausrüstung. Die Produktivität im Kleinbergbau kann somit innerhalb kurzer Zeit erhöht werden. Einen ebenfalls hohen Wirkungsgrad haben Bildungsprojekte. Jedoch gestaltet sich die Umsetzungsdauer derartiger Projekte langwierig. Gründe dafür sind z.B. eine lange Anlaufphase um eine Verwaltung aufzubauen, neue Curricula zu erstellen oder ausgebildete Lehrkräfte zu finden, sowie eine gewisse Zeit bis die ersten Absolventen der Bildungseinrichtung auf dem Arbeitsmarkt eingesetzt werden können. Der Aufbau von rechtlichen Rahmenbedingungen speziell für den Kleinbergbau ist eine notwendige Grundvoraussetzung für die Entwicklung dieses Wirtschaftssektors. Die zeitliche Umsetzung derartiger Regierungsentscheidungen ist jedoch in der Regel ein langwieriger Prozess. Außerdem ist der Wirkungsgrad solcher Projekte losgelöst von weiteren darauf aufbauenden Maßnahmen eher gering. Die Regierung muss Mittel bereitstellen damit kontrolliert werden kann, ob und wie die Kleinbergbaugesetze in der Praxis umgesetzt werden und bei Nichteinhaltung Sanktionen verhängen.

Zusammenfassend ist zu erkennen, dass die Identifikation einschlägiger Problemsituationen im Kleinbergbau in Verbindung mit der Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten eine wichtige Grundlage für die Entwicklung des Kleinbergbausektors darstellt. Eine Einordnung in den jeweiligen länderspezifischen Kontext sowie eine interdisziplinäre Betrachtung der verschiedenen Projektthemen ist für einen nachhaltigen Erfolg jedoch unabdingbar. Eine Möglichkeit der Systematisierung dieses Wissens bietet dabei der Einsatz von Expertensystemen.

3.3 Definition, Arbeitsweise und Nutzung eines Expertensystems

3.3.1 Grundlagen

Die Automatisierung von intelligentem Verhalten wird als Künstliche Intelligenz (KI, englisch: artificial intelligence AI) bezeichnet und zählt als Teilgebiet zum Wissenschaftsbereich der Praktischen Informatik. Unter der Bezeichnung künstliche Intelligenz wird das Lösen von Problemen mittels Informationstechnologie beschrieben (Lämmel et al., 2008). Expertensysteme benutzen die Theorie der künstlichen Intelligenz um praktische Probleme zu lösen. *Beierle* und *Kern-Isberner* definieren ein Expertensystem als „ein Computersystem, das in einem gegebenen Spezialisierungsbereich menschliche Experten in Bezug auf ihr Wissen und ihre Schlussfolgerungsfähigkeit nachbildet“ (Beierle et al., 2008). Vor mehr als 20 Jahren fand *Puppe* folgende Definition. "Expertensysteme sind Programme, mit denen das

Spezialwissen und die Schlussfolgerungsfähigkeit qualifizierter Fachleute auf eng begrenzten Aufgabengebieten nachgebildet werden soll." (Puppe, 1991).

3.3.2 Aufbau

Für den Aufbau eines Expertensystems ist der sogenannte Wissensingenieur zuständig. Dieser sammelt das themenspezifische menschliche Expertenwissen durch unterschiedliche Methoden und aus verschiedenen Quellen. Anschließend ordnet er die zusammengetragenen Daten und implementiert sie beispielsweise mit Hilfe eines Editors, der sogenannten Wissenserwerbskomponente in die Wissensbasis des Expertensystems (Dittmann et al., 2005).

In Abbildung 50 ist die Datensammlung am konkreten Beispiel des Expertensystems dieser Arbeit schematisch dargestellt. Als Methoden für den Wissenserwerb zur Thematik Kleinbergbau wurde ein Literaturstudium betrieben, es wurden Experteninterviews durchgeführt und verschiedene Studienreisen zur Besichtigung von Kleinbergbaulagerstätten absolviert.

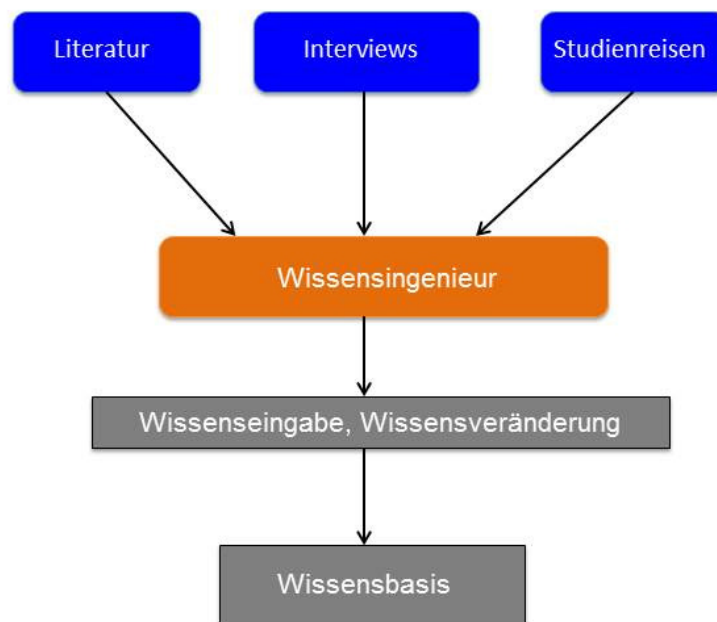


Abbildung 50: Aufbau der Datensammlung (nach Dittmann et al., 2005)

Der eigentliche Aufbau und die Funktionsweise eines computergestützten Expertensystems schließt sich direkt an die geschilderte Datensammlung an und sind in Abbildung 51 schematisch dargestellt.

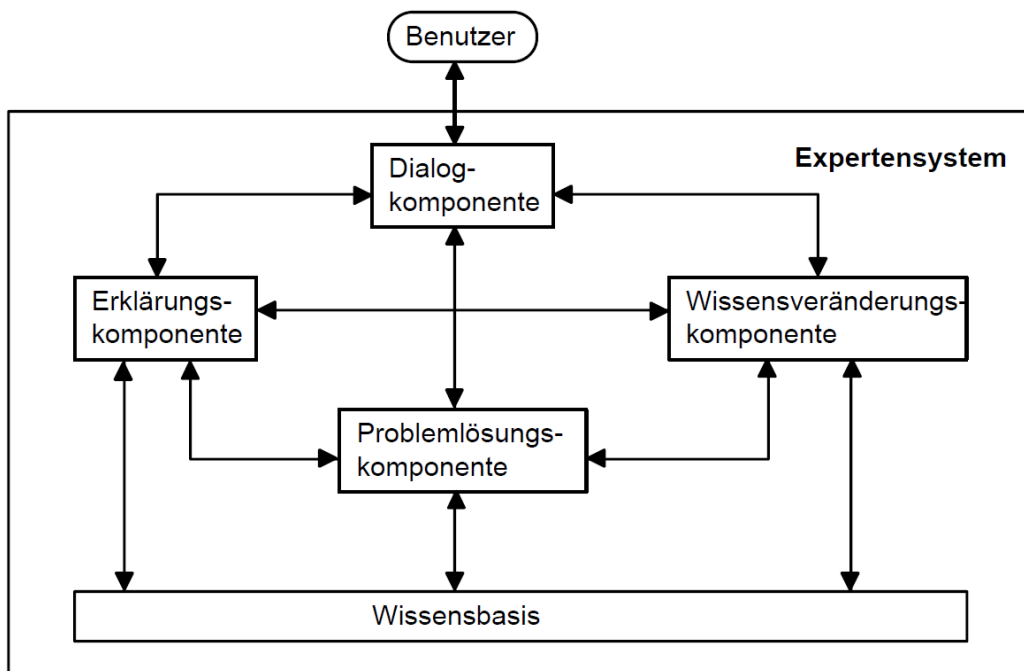


Abbildung 51: Aufbau und Funktionsweise eines Expertensystems (Zabel, 2000)

Die *Wissensbasis* ist die Grundlage jedes Expertensystems und ist vergleichbar mit einer großen Datenbank. Darin werden die folgenden vier verschiedenen Arten von Wissen gespeichert (Nierlein et al., 2005):

- Deklaratives Wissen (Fakten und Relationen),
- Prozedurales Wissen (Verfahren und Vorschriften),
- Kontrollwissen (Steuerungsverfahren zur Verarbeitung von deklarativem und prozeduralem Wissen),
- Vages Wissen (Erfahrungswissen und Heuristiken).

Die *Problemlösungskomponente* hat die Funktion der Wissensauswertung. In diesem Systemteil wird auf eine konkrete Anfrage hin nach festgelegten Verfahren bzw. Vorschriften aus der Wissensbasis gesucht, um diese mit bestimmten Fakten und Regeln zu verbinden. Als Output werden Folgerungen und Ergebnisse generiert (Nierlein et al., 2005).

Die *Erklärungskomponente* gibt Auskunft über den Lösungsweg einer Aufgaben- bzw. Problemstellung. Einerseits dient sie dem Entwickler zur Überprüfung ob die Schlussfolgerungen, die das System liefert, richtig abgebildet werden. Andererseits erhält der Benutzer die Möglichkeit nachzuvollziehen wie ein Ergebnis entstand (Nierlein et al., 2005).

Die *Wissensveränderungskomponente* dient zum Hinzufügen und Verändern von Daten. Dieses Systemteil erleichtert dem Entwickler die Wartung und Erweiterung der Wissensbasis. Dem Benutzer wird ebenfalls ermöglicht neu erworbenes Wissen in den Datenbestand einfließen zu lassen (Nierlein et al., 2005).

Die *Dialogkomponente* bildet die Schnittstelle des Interviews zwischen dem Benutzer und dem Expertensystem (Nierlein et al., 2005).

Die wichtigsten und grundsätzlichen theoretischen Grundlagen, die einem Expertensystem zu Grunde liegen sind der Entscheidungsbaum und die Regel.

Entscheidungsbaum

Ein Entscheidungsbaum, ist die spezielle Form eines Graphen. Es handelt sich dabei konkret um einen gerichteten, zyklusfreien Graphen der eine baumartige Struktur aufweist. Die Struktur besteht aus einer Wurzel, vielen Kanten, vielen Knoten und vielen Blättern. Ein Knoten steht für eine Frage, dessen Kanten für eine mögliche Antwort und die Lösung bzw. Aktion wird repräsentiert durch ein Blatt. In Abbildung 52 ist diese Struktur verdeutlicht (Puppe, 1996).

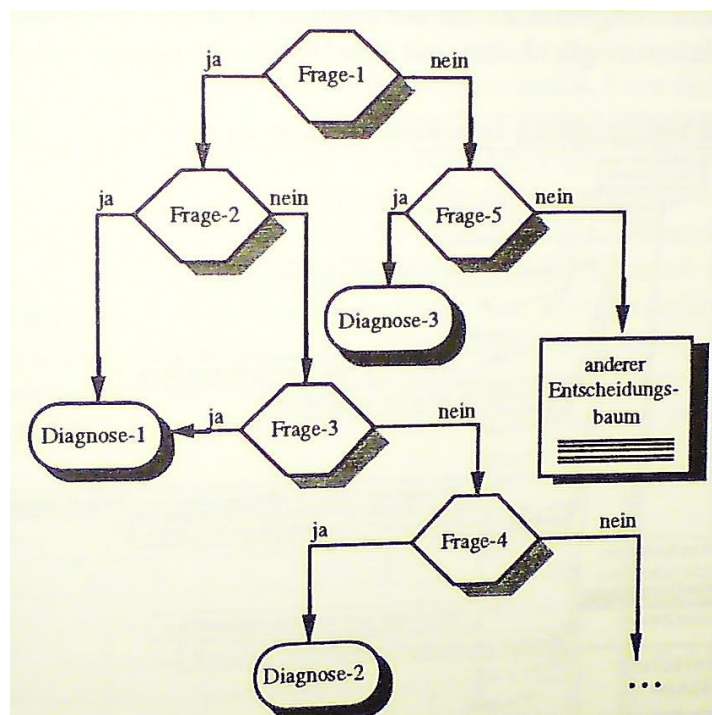


Abbildung 52: Struktur eines Entscheidungsbaumes (Puppe, 1996)

Regeln:

Eine Regel besitzt folgenden Aufbau:

Wenn (if) A, Dann (then) B.

Wobei A eine Menge von Bedingungen ist, und B eine Menge von Aktionen. Ist A wahr bzw. bestätigt, folgt B ($A \rightarrow B$). Aus dem Entscheidungsbaum (Abb. 52) lassen sich konkrete Wenn-Dann-Regeln ableiten. Der Pfad vom Startknoten bis zum Blatt entspricht einer Regel (Puppe, 1996):

WENN *Frage-1* = nein UND *Frage-5* = ja DANN *Diagnose-3* = (bestätigt).

3.3.3 Arten und Auswahl eines speziellen Expertensystemtyps für die Thematik dieser Arbeit

Arten von Expertensystemen

Generell können Expertensysteme nach unterschiedlichen Wissens- und Anwendungsarten in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Die Unterscheidung nach Wissensarten erfolgt in der Regel in folgende drei Kategorien:

- Heuristische Regelbasierte Systeme,
- Modellbasierte Systeme und
- Fallbasierte Systeme.

Regelbasierte Systeme bestehen aus Anweisungen, die situations- bzw. fallbezogene Entscheidungen implizieren. Es handelt sich dabei um die sogenannte „Wenn-Dann-Regel“, das heißt *wenn* eine bestimmte Bedingung erfüllt ist, *dann* wird eine bestimmte Aktion ausgeführt (Burri et al., 2004).

Modellbasierte Systeme setzen sich aus einer Sammlung von Fakten, die bestimmte Sachverhalte beschreiben, zusammen. Um die Aussagekraft dieser Menge an Fakten zu erhöhen, werden sie beispielsweise durch Zuweisung von bestimmten Eigenschaften oder Darstellung von Einschränkungen in Beziehung gesetzt (Burri et al., 2004).

Fallbasierte Systeme bestehen aus Datenbanken, die eine große Menge von spezifischen Fällen speichern. (Burri et al., 2004.).

In Tabelle 21 ist eine detaillierte Übersicht zu den einschlägigen Wissensklassifikationen dargestellt, die als Methoden bzw. Werkzeuge für die Lösung von Problemstellungen bei der Erstellung von Expertensystemen in Frage kommen.

Tabelle 21: Unterscheidung nach Wissensarten (nach Puppe 1991)

Wissensklassifikation	Darstellungsmethode
Sichere Klassifikation	- Entscheidungstabelle: - Klassifikation mit sicherem Merkmal → Lösungs-Wissen und vorgegebenen Merkmalen
	- Entscheidungsbaum: - Klassifikation mit sicherem Merkmal → Lösung-Wissen
Heuristische Klassifikation	- heuristische Diagnose oder Diagnose Score: - Klassifikation mit Merkmal → Lösung- Wissen
Modellbasierte Klassifikation	- überdeckende Klassifikation: - Klassifikation mit Lösung → Merkmal-Wissen - funktionale oder verhaltensbasierte Klassifikation: - Klassifikation mit funktionalem Modell des Normal- und Fehlverhaltens eines Systems
Statistische Klassifikation	- statistische Diagnose, neuronale Netze oder probabilistische Netzwerke: - Klassifikation mit Wissen aus repräsentativen, großen Fallsammlungen
Fallvergleichende Klassifikation	- Falldatenbank: - Klassifikation mit Fallsammlungen und Zusatzwissen für Ähnlichkeitsvergleich

Expertensysteme können für viele unterschiedliche Fach- und Wissensbereiche erstellt werden, um komplexe Fragestellungen zu lösen. Tabelle 22 gibt einen Überblick zu spezifischen Kategorien von Expertensystemen, die sich im Laufe der Zeit herausgebildet und durchgesetzt haben.

Tabelle 22: Unterscheidung nach Anwendungsarten (nach Puppe 1991)

Anwendungsart	Beschreibung	Anwendungsbeispiel
Interpretation	große Datenmenge ordnen, analysieren, reduzieren und aufbereiten	- Recherche in Online Datenbanken - geologische Struktur aus Probebohrdaten ableiten
Diagnostik	Abfragen von Daten über Verhalten und Zustand des Objekts und Ableitung der Fehlfunktion	- medizinische Diagnostik - Fehlersuche bei elektronischen Systemen
Überwachung und Steuerung	Vergleichen von Beobachtungsdaten mit Sollwerten, Auswerten und Veranlassen von Aktionen	- Steuerung und Überwachung von chemischen Prozessen in Fabriken

Anwendungsart	Beschreibung	Anwendungsbeispiel
Design	Erstellung (Konstruktion und Zeichnung) von Produkten	- Schaltungsentwurf und -zeichnung (CAD Software)
Planung	Erarbeitung von Ablaufplänen unter Berücksichtigung von bestimmten Parametern wie Ressourcen, Zeit, Kosten etc.	- Planung von Produktionskapazität und Ressourcenmanagement
Vorhersage	Ableiten von Prognosen aus Informationen, Expertenwissen und Statistik	- Wettervorhersage - Börsenkurse
Tutor	Vermittlung einer bestimmten Wissensthematik	- Lernprogramme für Sprachen etc.

Auswahl der Vorzugsvariante

In dem aktuellen Projekt soll das Expertensystem als Informations- und Beratungssystem fungieren. Auf Basis der eingegebenen Daten und Werte soll es dem Benutzer Informationen und Handlungsempfehlungen bzw. Projektideen zur Thematik der Weiterentwicklung des Kleinbergbaus geben. Daraus ist abzuleiten, dass die Anwendungsart des zu entwickelnden Expertensystems der Diagnostik zuzuordnen ist. Bezüglich der Wissensklassifikation kommt die sichere Klassifikation mit der Verwendung von Entscheidungsbäumen in Verbindung mit der heuristischen Klassifikation, unter Nutzung des Diagnose Scores in Frage.

Aus den genannten Anforderungen an das Expertensystem muss das auszuwählende Programm folgende Erwartungen erfüllen:

- Umgang und Verarbeitung von sicherem und unsicherem Wissen,
- geringer Kostenaufwand bei Beschaffung und Nutzung,
- Aktualität der Software bzw. Arbeit an Updates und Nachfolgeversionen,
- Möglichkeit den Softwareanbieter bei Supportfragen zu kontaktieren,
- Benutzeroberfläche für Wissensingenieur und Anwender auf Deutsch.

In Tabelle 23 ist eine Gegenüberstellung verschiedener in Frage kommender Softwares zur Programmierung und Anwendung von diagnostischen Expertensystemen zusammengefasst. Diese vier ausgewählten Programme werden hinsichtlich der oben genannten Hauptanforderungen verglichen.

Tabelle 23: Übersichtstabelle Softwarevergleich diagnostische Expertensysteme (Giarratano, 2007; Belly, 2013; Exsys Corvid 2012, Vanguard Software Cooperation, 2009)

Merkmale Software	Herkunfts- land / Soft- waresprache	Markt- präsenz	kostenlose Nutzung (open source)	Anwendungsge- biete existieren- der Systeme	Aktualität	Behandlung von unsi- cherem Wissen
CLIPS	USA / eng- lisch	seit 1985	x	- Luft- und Raumfahrttech- nik - Medizin - Kraftwerks- technik	2011	x
D3WEB	Deutschland / deutsch	seit 1983	x	- Medizin - Automobilbau - Luft- und Raumfahrttech- nik - Rechtswissen- schaften - Produktion - Qualitätskon- trolle	2012	x
Exsys Corvid ®	USA / viele verschiedene Sprachen möglich	seit 1983	-	- Luft- und Raumfahrttech- nik - Produktion - Automobilbau - Medizin - Kraftwerks- technik	2013	x
Vanguard Knowledge Automation System TM	USA / eng- lisch	seit 1995	-	- Produktion - Verkauf - Automobilbau	2013	-

Die Auswertung des Softwarevergleichs hat ergeben, dass die Software *d3web* alle vorgegeben Anforderungskriterien erfüllt und daher am besten geeignet ist. Aus diesem Grund wurde diese Software für die Programmierung des Expertensystems dieser Arbeit ausgewählt.

Kapitel 4 Umsetzung - Entwicklung eines Expertensystems zur Thematik Kleinbergbau

4.1 Hintergrund und Funktionsweise der Software d3web

4.1.1 Einführung

Als eine geeignete Software um das vorliegende Projekt zu realisieren wurde das Programm *d3web*, das vom *Lehrstuhl für Informatik VI der Universität Würzburg* entwickelt wurde, ausgewählt. Die Software *d3web* (Abb. 53) ist eine kostenlose, *open-source* Plattform zur Programmierung wissensbasierter Systeme für unterschiedliche Fachbereiche. Fachexperten wird somit ermöglicht selbst spezialisierte Redaktionsumgebungen zu entwickeln und zu erproben, um darin selbständig ihr eigenes Wissen formalisiert darzustellen und zu nutzen. *D3web* setzt sich analog zum allgemeinen Aufbau eines Expertensystems aus mehreren Komponenten zusammen. Im folgenden Abschnitt wird die Software eingehend vorgestellt und hinsichtlich der Anwendbarkeit auf das zu entwickelnde Expertensystem beschrieben.



Abbildung 53: Software-Logo (Belly, 2013)

4.1.2 Softwareanbieter

Die Programmierung der Software *d3web* geht auf eine lange Entwicklungsgeschichte zurück. Begründet und kontinuierlich vorangetrieben wurde diese federführend durch den Informatiker *Prof. Frank Puppe*. Er leitet heute an der *Universität Würzburg* den *Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz und Angewandte Informatik*, der zu einem der führenden Forschungsinstitutionen im Bereich Experten- und Wissenssysteme gehört. Vor etwa 30 Jahren forschte *Prof. Puppe* im Zuge seiner akademischen Ausbildung an diesem Institut auf dem Gebiet der Expertensysteme und entwickelte die Urform der Software *d3web*. Mit der Unterstützung von nachfolgenden wissenschaftlichen Arbeiten anderer Studenten des Lehrstuhls, durch geförderte Forschungsprojekte durch das BMBF und die DFG, durch Spezialaufträge aus der Wirtschaft sowie durch eigene Firmenausgründungen wurde und wird die Software *d3web* sukzessive auf Grundlage des Stands des Wissens und der Technik erweitert, aktualisiert und verbessert. In Anlage 12 ist diese Entwicklungsgeschichte chronologisch und unter Berücksichtigung der wichtigsten Meilensteine dargestellt.

4.1.3 Systemanforderung

Um die Software *d3web* uneingeschränkt verwenden zu können muss das Betriebssystem für Computer und Laptop mit *MS-Windows XP*, *Windows 7*, *Mac OS 10.6* oder mit einer jeweils höheren Version ausgestattet sein. Zur vollständigen Ausgabe verschiedener Informationen innerhalb des Expertensystems wird eine Internetverbindung empfohlen. Als Grundvoraussetzung zur Ausführung von *d3web* müssen die frei verfügbare Software *Java* und ein Internetbrowser installiert sein. Mit dem Internetbrowser *Firefox* wird die Programmdarstellung am besten gewährleistet (Baumeister, 2012).

4.1.4 Softwareaufbau

Das Kernstück des Programms ist das Modul *d3web.knowWE*. Dieses übernimmt gleichzeitig die Funktionen von verschiedenen Komponenten eines Expertensystems. Im Einzelnen sind das die Wissenserwerbskomponente, die Dialogkomponente und die Erklärungskomponente. Demzufolge ermöglicht die visuelle Wissensmodellierungsumgebung *d3web.KnowWE* den Aufbau, die Evaluation und das Management der Wissensbasis.

Die Abkürzung *KnowWE* steht für *Knowledge Wiki Environment* und ist ein semantisches *Wiki* zur Modellierung von Expertensystemen. Der Begriff *Wiki* bezeichnet ein Web-basiertes System, das eine kollaborative Erstellung, Bearbeitung und Organisation von Webseiten ermöglicht. Die Spezialform der *semantischen Wiki* ist die Erweiterung von einfachen Inhalten bzw. Daten für eine spezielle Struktur sowie die Herstellung von Relationen zwischen den einzelnen Daten (Schaffert, 2009).

KnowWE erweitert die Funktionen des *semantischen Wikis* (semantische Annotationen, Abfragemöglichkeiten, taxonomische Eigenschaften) um die Problemlösungskomponente *d3web-Core*. Dieser wichtige zweite Bestandteil des Programms leitet Problemlösungen anhand von Entscheidungsbäumen oder -tabellen, kategorischen oder heuristischen Regeln und Überdeckungsmodellen oder fallbasiertem Schließen ab (Baumeister, 2012).

Die Web-basierte Darstellung von *KnowWE* findet im Internetbrowser statt. Unabhängig davon, ob der Anwender einen Problemfall lösen möchte oder der Wissensingenieur am Expertensystem Änderungen vornimmt. Veränderungen kann aber nur ein registrierter Benutzer vornehmen. Um eine versehentliche Änderungen der Artikelseiten durch den normalen Anwender zu verhindern. In Abbildung 54 ist die Eingabemaske des Editors von *KnowWE* dargestellt mit dem der Wissensingenieur arbeitet.

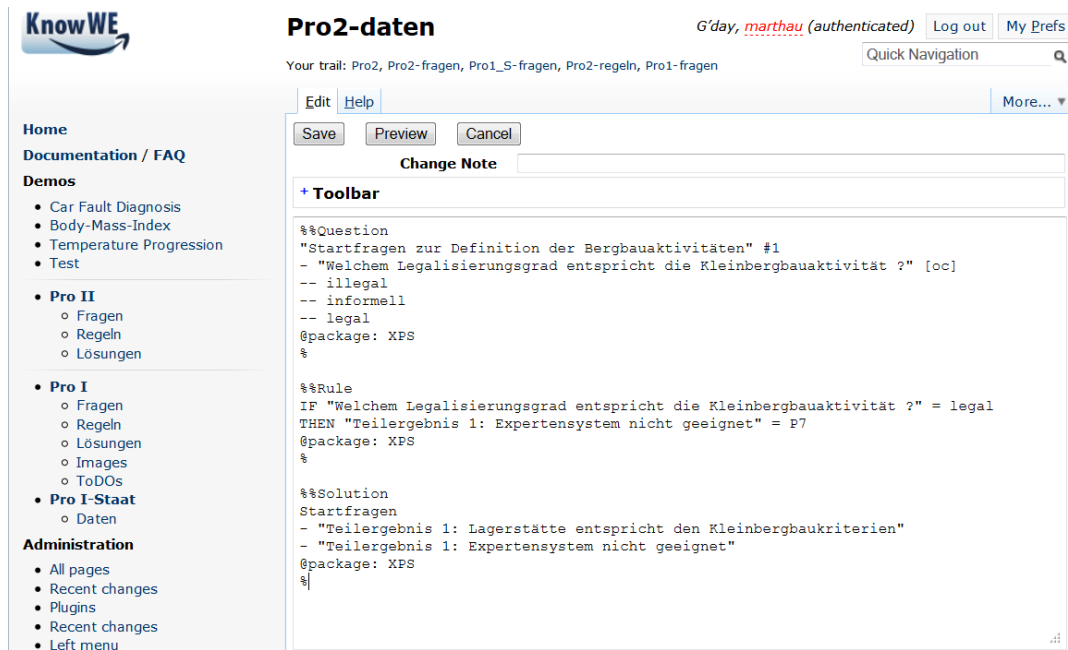


Abbildung 54: Wissensmodellierung – Erstellen von Regeln, Lösungen, Fragen

Zur benutzerfreundlicheren Visualisierung der Benutzersitzung wird das Werkzeug *ProKEt* (*Prototyping and Knowledge Systems Engineering tool*) verwendet. *ProKEt* wird von Martina Freiberg im Rahmen ihrer Dissertation entwickelt. Es ist ein Entwicklungswerkzeug für die Erstellung von Dialogen für Expertensysteme die in *d3web* erstellt wurden. *ProKEt* ist ein open-source Werkzeug und steht somit zur freien Verfügung. Genau wie *d3web* ist *ProKEt* in der Programmiersprache Java geschrieben. Die Web-basierten Dialoge beruhen auf *HTML*- und *CSS*-Dokumenten. *Cascading Style Sheets* (*CSS*) sind Dokumente zur Gestaltung und Darstellung von Webseiten. Der Dialog des Browser-basierten Interviews wird mit *ProKEt* visualisiert und übernimmt somit die Dialogkomponente aus der Expertensystemarchitektur.

Mit *KnowWE* lassen sich in die *Wiki*-Seiten auch Bilder, Grafiken, Tabellen, *PDF*-Dokumente und Hyperlinks einbinden. Dadurch werden Teilergebnisse und Lösungen besser visualisiert und verständlicher. Der Anwender kann so die Handlungsalternativen bzw. Projektvorschläge die das Expertensystem generiert leichter nachvollziehen.

4.1.5 Programmierung

Das Kernstück der Software *d3web* ist in der Programmiersprache *Java* geschrieben. Die Datensammlung der Wissensbasis wurde unter Verwendung des *XML* (Extensible Markup Language = „erweiterbare Auszeichnungssprache“) Formats erstellt. Durch die Auszeichnungssprache *XML* können Textdateien dargestellt werden, die auf hierarchisch strukturiert angeordneten Daten basieren.

Die Programmierung des Expertensystems dieser Arbeit hat *Martin Hauschild* durchgeführt. Er ist Masterstudent des Studiengangs für *Informatik an der Westsächsischen Hochschule Zwickau – University of Applied Sciences*. *Hauschild* programmierte dieses Expertensystem in Absprache mit dem Autor dieser Arbeit, der ihm die notwendige Zuarbeit dafür zur Verfügung stellte und ihm die Struktur und Anforderungen an das System erläuterte.

4.1.6 Interaktive Werkzeuge im Expertensystem

Im Folgenden sind die wichtigsten interaktiven Werkzeuge, die auf dem Bildschirm des entwickelten Expertensystems erscheinen, beschrieben und veranschaulicht. Durch deren richtige Verwendung wird die Datenausgabe des Expertensystems optimiert.

Das Diagnose-Panel (Diagnosefeld) befindet sich in der rechten oberen Ecke des Bildschirms. Während der Anwender sich durch die Fragen im Expertensystem arbeitet werden in diesem Feld die wichtigsten getroffenen Entscheidungen und daraus resultierende Ergebnisse angezeigt. Somit fungiert das Diagnose-Panel als Erinnerungsanzeige für den Anwender. Zur Veranschaulichung ist das Feld in Abbildung 55 dargestellt.





Abbildung 55: Diagnose-Panel

In der linken oberen Ecke des Bildschirms gibt es ein weiteres Funktionsfeld. Es besteht aus drei jeweils anklickbaren Teilen, wie Abbildung 56 zeigt. Unter „Fall speichern“ kann der Anwender den aktuellen Bearbeitungsstatus des Expertensystems speichern und das Programm schließen. Zu einem späteren Zeitpunkt kann unter „Fall laden“ der alte Bearbeitungsstatus wieder aufgerufen werden. „Neuer Fall“ steht für einen Reset des Expertensystems, um erneut mit der Einleitungsfrage beginnen zu können.



Abbildung 56: weitere Funktionsfelder

Bei verschiedenen Fragen und Antworten innerhalb des Expertensystems tauchen das Symbol für detailliertere Informationen oder Erklärungen  und das Lupensymbol  zur Vergrößerung von Grafiken auf.

Das Logo, das für das Expertensystems dieser Arbeit entwickelt wurde ist in Abbildung 57 dargestellt. Es ist ein rotierender Globus mit der Aufschrift *iKBB* und dem Bergbausymbol Schlegel und Eisen. *iKBB* steht für internationaler Kleinbergbau, gleichzeitig aber auch für Informationen zum Kleinbergbau. Darüber hinaus steckt die Abkürzung *iKB* darin, die im englischen Sprachgebrauch für *Intelligent Knowledge Base* (intelligente Wissensbasis) steht und als Synonym für Expert System bzw. Expertensystem gebraucht wird.



Abbildung 57: Logo Expertensystem beidseitige Ansicht

4.2 Anordnung und Verarbeitung der Datensammlung

4.2.1 Allgemeiner Aufbau des Expertensystems

Das Expertensystem besteht aus drei Teilen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen. Der Anwender des Systems muss sich mit der ersten Frage im Hauptmenü des Systems für eine Funktion entscheiden. Es besteht jedoch jederzeit die Möglichkeit zurück zum Hauptmenü zu gelangen, um eine andere Funktion auszuwählen.

In Abbildung 58 ist ein Ausschnitt der Dialogkomponenten des Expertensystems dargestellt. Der Anwender wird aufgefordert eine der Funktionen auszuwählen.

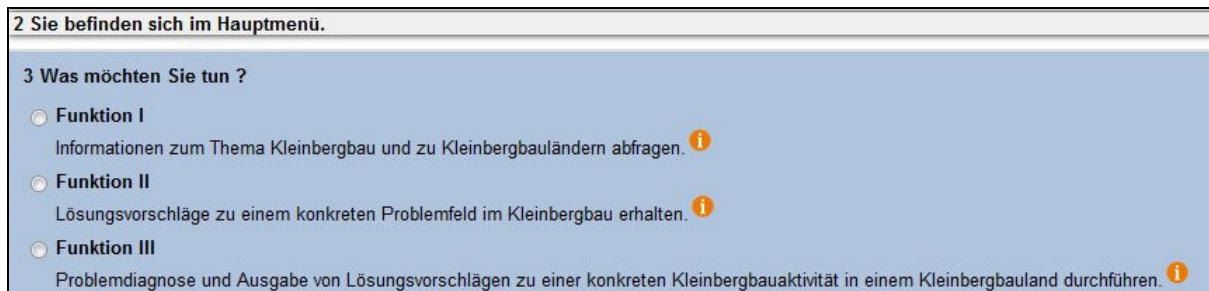


Abbildung 58: Darstellung des Hauptmenüs im Expertensystem

Unter *Funktion I* werden Informationen zum Kleinbergbau sowie zu konkreten Kleinbergbauländern ausgegeben. *Funktion II* beinhaltet die Darstellung bestimmter Kleinbergbauprobleme und bietet Projektvorschläge zu deren Lösung an. Innerhalb der *Funktion III* werden Diagnosen gekoppelt an Handlungsempfehlungen hinsichtlich einer bestimmten Kleinbergbauaktivität in einem bestimmten Land durchgeführt.

Das Informationssymbol hinter den Funktionsbeschreibungen gibt in Form eines Pop-ups Auskunft über die jeweiligen Voraussetzungen (z.B. Spezialwissen, Daten etc.) die zur Anwendung notwendig sind.

- *Funktion I*: keine Voraussetzungen,
- *Funktion II*: konkretes Kleinbergbauproblem im Bereich Politik, Recht, Wirtschaft, Umwelt, Technik, Arbeitssicherheit, Soziales muss vorliegen,
- *Funktion III*: konkrete Kleinbergbauaktivität bzw. konkretes Kleinbergbauland muss bekannt sein.

4.2.2 Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion I

Nachdem *Funktion I* ausgewählt wurde kann der Anwender aus den Optionen der Informationsabfrage zum Thema Kleinbergbau allgemein und der Informationsabfrage zu einem speziellen Kleinbergbauland wählen (Abbildung 59).

The screenshot shows a software interface with the following elements:

- 2 Sie befinden sich im Hauptmenü.** (Header bar)
- 3 Was möchten Sie tun ?** (Section header)
 - ☒ **Funktion I**
Informationen zum Thema Kleinbergbau und zu Kleinbergbauländern abfragen. i
 - ☐ **Funktion II**
Lösungsvorschläge zu einem konkreten Problemfeld im Kleinbergbau erhalten. i
 - ☐ **Funktion III**
Problemdiagnose und Ausgabe von Lösungsvorschlägen zu einer konkreten Kleinbergbauaktivität in einem Kleinbergbauland durchführen. i
- 3 FunktionI** (Section header)
- 4 Wählen Sie zwischen folgenden Informationsoptionen aus.** (Section header)
 - ☐ Abfrage von allgemeinen Informationen zum Thema internationaler Kleinbergbau
 - ☐ Abfrage von spezifischen Informationen zu Kleinbergbauländern.
 - ☐ zurück zum HAUPTMENÜ

Abbildung 59: Auswahl der Funktion I

Der Anwender hat die Möglichkeit sich mit den hinterlegten Informationen aus diesem Teil des Expertensystems in das Thema Kleinbergbau einzulesen und sich die wichtigsten Fakten dazu anzueignen. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit Kleinbergbauländer in denen der Anwender ein Projekt realisieren will zu identifizieren, zu vergleichen oder im Falle eines bereits ausgewählten Landes dazu Daten zu erlangen bzw. abzugleichen.

Funktion I – Teil 1A: Informationen zum Thema Kleinbergbau

Die Abfrage von allgemeinen Informationen zum Kleinbergbau unterteilt sich in das Teilgebiet Definitionen und in das Teilgebiet Einflussfaktoren. Die *Definitionen zum Kleinbergbau* beinhalten eine Reihe von Unterkategorien, die im Ausschnitt in Abbildung 60 aufgelistet sind.

5 Allgemeine Informationen

7 Wählen Sie ein spezielles Teilgebiet aus zu dem Sie Informationen erhalten möchten.

☒ DEFINITIONEN ZUM KLEINBERGBAU

☐ EINFLUSSFAKTOREN IM KLEINBERGBAU

8 Über welches Thema möchten Sie weitere Informationen?

☐ BEGRIFFSDEFINITION

☐ BEZEICHNUNGEN FÜR KLEINBERGBAUTREIBENDE

☐ GEOGRAPHISCHE EINGRENZUNG

☐ ENTSTEHUNGSHINTERGRUND

☒ WIRTSCHAFTSKENNZIFFERN

☐ ROHSTOFFARTEN

☐ LAGERSTÄTTENTYPEN

Abbildung 60: Darstellung allgemeiner Informationen zum Kleinbergbau

Wird eine dieser Unterkategorien angeklickt öffnet sich darunter ein Informationsfenster mit der dazugehörigen Definition. In der unteren Abbildung 61 ist ein Teil der Definitionsinhalte zu den *Wirtschaftskennziffern* im Kleinbergbau aufgeführt.

13 Kennziffern

Die folgenden Wirtschaftskennziffern stellen aussagekräftige Parameter dar mit deren Hilfe Art und Umfang von Bergbauaktivitäten definiert werden können.

- Produktionsvolumen
- Anzahl der Beschäftigten pro Lagerstätte
- Produktionsmenge je Beschäftigtem
- Arbeitsproduktivität
- Lagerstättengröße
- erwirtschafteter Gewinn
- Investitionshöhe
- Verkaufsmenge
- operative Kontinuität
- Betriebssicherheit
- Lebensdauer der Lagerstätte

Abbildung 61: Darstellung wirtschaftlicher Kennziffern im Kleinbergbau

Analog dazu kann sich über alle anderen Unterkategorien, die in der Liste in Abbildung 60 aufgeführt sind, informiert werden.

Funktion I – Teil 1B: Einflussfaktoren im Kleinbergbau

Wird das Teilgebiet *Einflussfaktoren im Kleinbergbau* ausgewählt öffnet sich eine Liste, bestehend aus sieben konkreten Faktoren, wie Abbildung 62 zeigt.

5 Allgemeine Informationen

9 Wählen Sie ein spezielles Teilgebiet aus zu dem Sie Informationen erhalten möchten.

- DEFINITIONEN ZUM KLEINBERGBAU
- EINFLUSSFAKTOREN IM KLEINBERGBAU**

18 Zu welchem Einflussfaktor möchten Sie weitere Informationen erhalten?

- RECHT
- POLITIK
- WIRTSCHAFT**
- TECHNIK
- UMWELT
- ARBEITSSICHERHEIT
- SOZIALES

Abbildung 62: Darstellung Einflussfaktoren im Kleinbergbau

Hinter jedem einzelnen Einflussfaktor verbergen sich wiederum Unterkategorien, die eine genaue und ausführliche Beschreibung des jeweiligen Einflussfaktors beinhalten.

In Abbildung 63 ist beispielhaft ein Teil der Erläuterung zum *Einflussfaktor Wirtschaft* dargestellt.

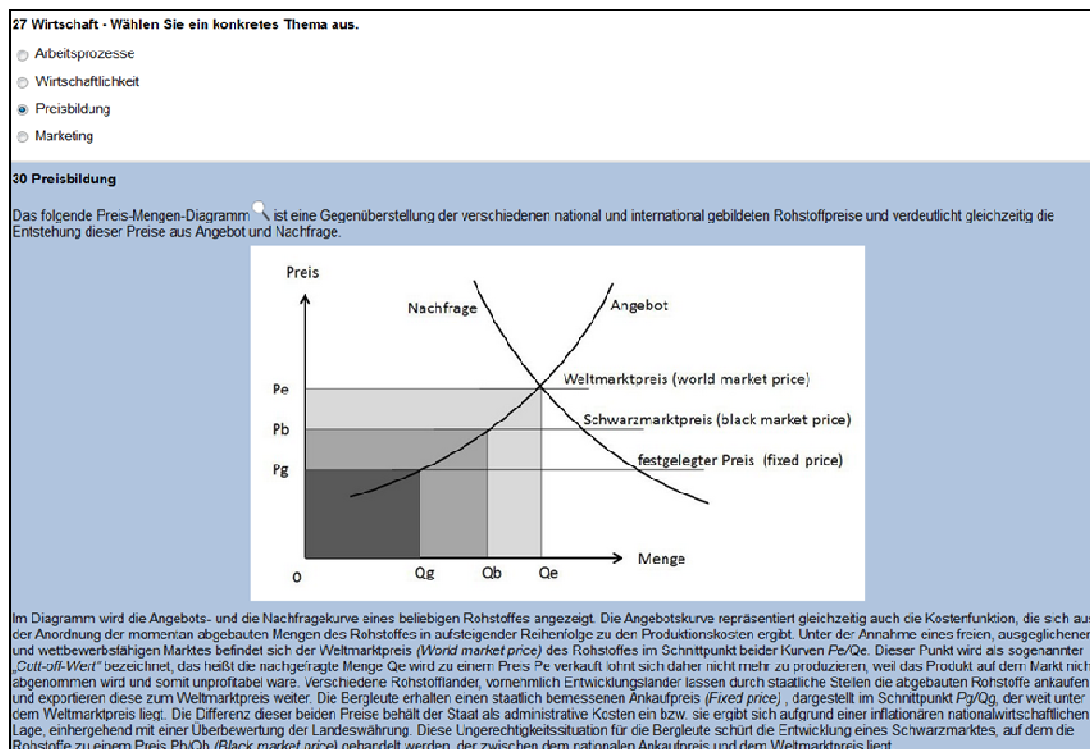


Abbildung 63: Darstellung Einflussfaktor Wirtschaft

Funktion I – Teil 2: Informationen zu Kleinbergbauländern

Fällt die Wahl des Anwenders auf die *Abfrage von spezifischen Informationen zu Kleinbergbauländern* erscheint eine Weltkarte mit den Hauptregionen des Kleinbergbaus (vergleiche Kapitel 2.1.1). Es besteht dann die Möglichkeit zwischen den Kontinenten Südamerika, Afrika und Asien zu wählen (Abbildung 64).

3 FunktionI

4 Wählen Sie zwischen folgenden Informationsoptionen aus.

☐ Abfrage von allgemeinen Informationen zum Thema internationaler Kleinbergbau
☒ Abfrage von spezifischen Informationen zu Kleinbergbauländern.
☐ zurück zum HAUPTMENÜ

6 Informationen über ein Kleinbergbauland

44 Wählen Sie ein Kontinent aus auf dem das Kleinbergbauland liegt zu dem Sie Informationen erhalten wollen.

☒ Südamerika
☐ Afrika
☐ Asien

Abbildung 64: Darstellung Kleinbergbauländer

Darauf folgen ein vergrößertes Bild des ausgewählten Kontinents und eine Liste der dort befindlichen Kleinbergbauländer. Dieser Prototyp des Expertensystems beinhaltet zunächst vier Kleinbergbauländer über die sich informiert werden kann. Konkret sind das:

- Bolivien für Südamerika,
- Ghana für Afrika,
- Afghanistan und die Mongolei für Asien.

Es wurden speziell diese Länder im Expertensystem verarbeitet, weil sie als Fallbeispiele für typische Kleinbergbauländer in dieser Arbeit bestimmt wurden und durch Studienreisen ein umfangreiches Bild von der Kleinbergbausituation vor Ort vorhanden ist.

In den folgenden Abbildungen wird exemplarisch am Kleinbergbauland *Bolivien* dargestellt welche Informationen in diesem Teil des Expertensystems hinterlegt sind. In Abbildung 65 sind allgemeine landeskundliche Informationen (*Größe, Einwohnerzahl, Hauptstadt, Verwaltungsstruktur, Flagge, politische Karte*) zu Bolivien aufgeführt. Um diese und alle anderen Informationen richtig einschätzen zu können und den Vergleich zwischen einem Entwicklungs- oder Schwellenland und einem Industrieland aufzuzeigen, sind außerdem die gleichen Angaben zu Deutschland abzulesen.



49 Bolivien			
		Bolivien	Vergleichsland Deutschland
Landeskunde			
	Größe (in 1000km²)	1.098,6	357
	Einwohnerzahl	10.290.003	81.305.856
	Hauptstadt	La Paz	Berlin
	Verwaltungsstruktur	Unterteilung in 10 Regionen	Unterteilung in 16 Bundesländer
	Amtssprache	spanisch, indianisch:quecha, aymara	deutsch
Flagge		politische Übersichtskarte	
			

Abbildung 65: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Landesinformationen

Möchte der Anwender weitere Informationen zu Bolivien allgemein und dessen Kleinbergbausituation im Speziellen erfahren, kann anschließend aus folgenden Kategorien ausgewählt werden: *Entwicklungsstand, politische Situation, wirtschaftliche Situation, Sicherheitssituation, Klima- und Vegetationsbedingungen, Bergbaugesetz, Bergbaubehörden, Geologie- und Rohstoffkarten, Bergbauuniversitäten, Kleinbergbaubetriebe und -projekte*.

Abbildung 66 verdeutlicht exemplarisch an der Kategorie der *wirtschaftlichen Situation*, auf welche Art und Weise diese Schlüsseldaten dargestellt werden.

54 Bolivien-Wirtschaft			
		Bolivien	Vergleichsland Deutschland
Wirtschaftliche Situation			
	Bruttoinlandsprodukt ¹ in Mrd. US\$	27,43	3.401
	Prokopfeinkommen am Bruttoinlandsprodukt ¹ in US\$ (Jahr 2012)	5.200	39.700
	Einkommensniveau ¹ (low, lower middle, upper middle, high)	lower middle	high, OECD
	Foreign Direct Investment ¹ in US\$	621.997.989	46.127.366.746
	Währung	BOB (Boliviano)	EUR (Euro)
	Umtauschkurs ¹ in 1 US\$	7,176 BOB	0,794 EUR

Abbildung 66: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Wirtschaft

Abbildung 67 zeigt exemplarisch an der Kategorie *Geologie- und Rohstoffkarten* in welcher Form Bild- und Kartenmaterial verarbeitet sind.

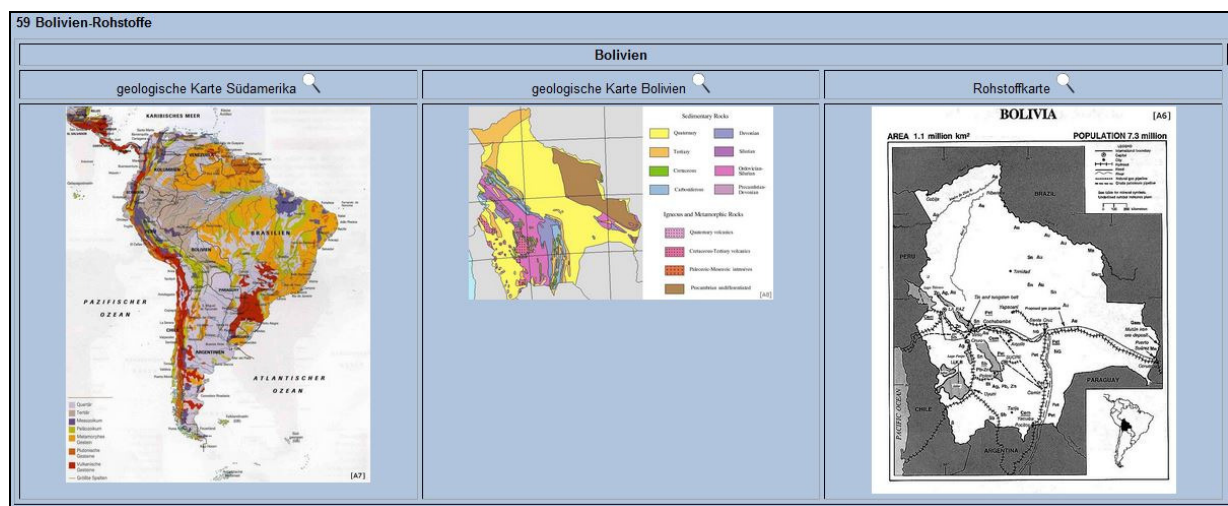


Abbildung 67: Darstellung Kleinbergbauland Bolivien - Geologie- und Rohstoffkarten

4.2.3 Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion II

Hat sich der Anwender für *Funktion II* im Expertensystem entschieden, muss als Voraussetzung ein konkretes Kleinbergbauproblem bekannt sein, nach dem gesucht werden kann und für das verschiedene Lösungsmöglichkeiten angeboten und erläutert werden.

Wie Abbildung 68 zeigt, öffnet sich zunächst ein Anwenderhinweis, der über die Verwendung von *Funktion II* Auskunft gibt. Zuerst werden die einzelnen Problemfelder aufgelistet. Die jeweiligen Inhalte können mittels des Informationssymbols abgefragt werden. Es schließt sich die Erläuterung zur Darstellung der Problemsituationen an. Diese werden durch Teufelskreise veranschaulicht. Am Ende wird darauf hingewiesen, dass jede Lösungsmöglichkeit mit der Information versehen ist für welche Akteure sie relevant und somit durchführbar ist.

2 Sie befinden sich im Hauptmenü.

3 Was möchten Sie tun ?

☐ Funktion I
Informationen zum Thema Kleinbergbau und zu Kleinbergbauländern abfragen. ⓘ

☒ Funktion II
Lösungsvorschläge zu einem konkreten Problemfeld im Kleinbergbau erhalten. ⓘ

☐ Funktion III
Problemdiagnose und Ausgabe von Lösungsvorschlägen zu einer konkreten Kleinbergbauaktivität in einem Kleinbergbauland durchführen. ⓘ

4 FunktionII

5 Anwenderhinweis

Sie können folgende Problemfelder auswählen ⓘ

- POLITIK
- RECHT
- WIRTSCHAFT
- TECHNIK
- UMWELT
- ARBEITSSCHUTZ
- SOZIALES

Konkrete Problemsituationen der jeweiligen Problemfelder werden mit Hilfe von Teufelskreisen dargestellt.

Definition Teufelskreis

Die Bezeichnung Teufelskreis, Irrkreis oder bildungssprachlich Circulus vitiosus (lat. schädlicher Kreis) beschreibt eine ausweglos scheinende Lage, die durch eine nicht endende Folge unangenehmer, einander bedingender Geschehnisse oder Faktoren herbeigeführt wird.

```

graph TD
    A[AUSGANGSSITUATION] --> B[FOLGE 1]
    B --> C[FOLGE 2]
    C --> D[FOLGE 3]
    D --> A
    
```

Für alle Teufelskreise werden mögliche Lösungen beschrieben.
Alle Lösungsmöglichkeiten werden mit den jeweiligen Initiatoren / ausführenden Akteuren angegeben.

- Staat
- Förderorganisationen
- Privatunternehmen (Kleine und Mittelständige Unternehmen - KMUs)

Abbildung 68: Auswahl der Funktion II

Als nächster Schritt folgt die Aufforderung nach der Wahl eines bestimmten Problemfeldes. Ist dieses per Klick bestätigt öffnet sich ein neues Fenster, das eine Liste der Problemsituationen, die zu diesem Problemfeld gehören, anzeigt. In Abbildung 69 ist die Auswahl des *Problemfeldes Arbeitsschutz* als Beispiel dargestellt. Unter diesem Problemfeld verbirgt sich eine konkrete Problemsituation, die sich auf *fehlende Arbeitsschutzstandards und -aufklärung* bezieht.

16 Problemfelder

99 Wählen Sie ein Problemfeld mit dem Sie arbeiten möchten.

☐ POLITIK
☐ RECHT
☐ WIRTSCHAFT
☐ TECHNIK
☐ UMWELT
☒ ARBEITSSCHUTZ
☐ SOZIALES

134 ARBEITSSCHUTZ - Wählen Sie ein spezielles Szenario.

☒ FEHLENDE ARBEITSSCHUTZSTANDARDS- UND AUFKLÄRUNG

Abbildung 69: Auswahl des Problemfeldes Arbeitsschutz

Wird diese spezielle Problemsituation angeklickt öffnet sich ein Erklärungsfeld, bestehend aus einem Teufelskreis und einer Erklärung in Textform (Abbildung 70).

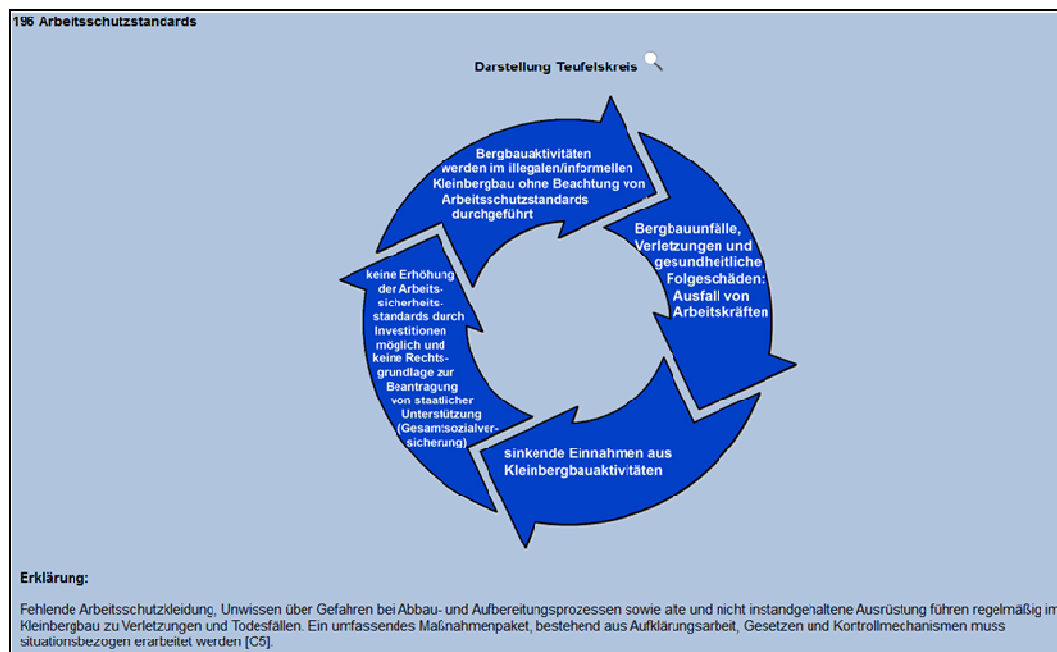


Abbildung 70: Beispiel einer konkreten Problemsituation mit Erklärung

Unter der Erklärung zur Problemsituation wird eine Liste von Lösungsmöglichkeiten angegeben. Über das Informationssymbol kann abgerufen werden für welche Akteure die einzelnen Lösungen in Frage kommen. Bei der Auswahl einer Lösungsmöglichkeit durch Anklicken öffnet sich ein weiteres Fenster mit detaillierter Definition, Umsetzungsmöglichkeiten in Form von Projekten und Anwendungsbeispielen dazu. Abbildung 71 zeigt exemplarisch die ausgewählte Lösungsmöglichkeit *Erarbeitung und Verabschiedung*

eines Kleinbergbaugesetzes inklusive Arbeitssicherheitsstandards. Dazu werden vertiefend eine Reihe von Vorschlägen zur Einführung von *Völkerrechtskonventionen* gemacht, sowie ein *Kleinbergbaugesetzestext* mit dem Schwerpunkt Arbeitssicherheit als Beispiel angegeben.

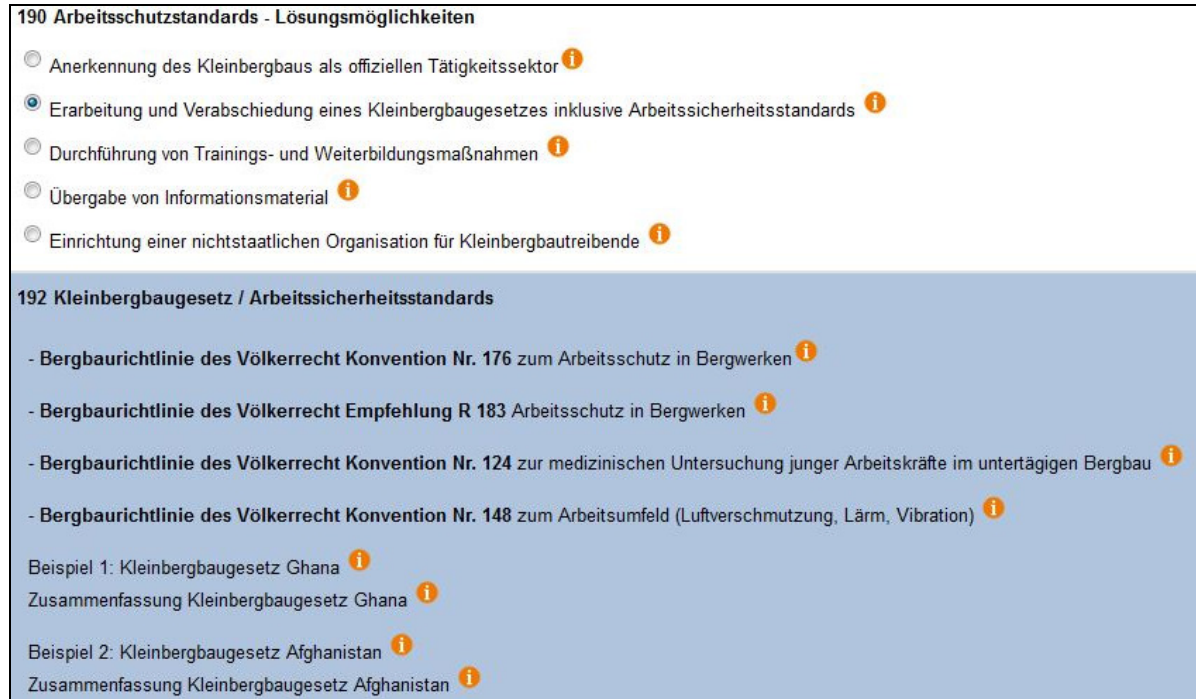


Abbildung 71: Lösungsmöglichkeit und Erläuterung

4.2.4 Detaillierter Aufbau und Beschreibung von Funktion III

Bei der Wahl von *Funktion III* des Expertensystems muss dem Anwender eine konkrete Kleinbergbauaktivität vorliegen bzw. ein bestimmtes Kleinbergbauland bekannt sein.

In Abbildung 72 sind die Startfragen dieser Diagnosefunktion dargestellt. Unter der Rubrik Definition Kleinbergbauaktivitäten wird der *Legalitätsgrad der Lagerstätte* sowie *Technisierungs- und Mechanisierungsgrad*, *Rohstoffart*, *Fördermenge*, *Kapitaleinsatz* und *Ausbildungsniveau der Kleinbergbautreibenden* abgefragt.

17 Definition Kleinbergbauaktivitäten

230 Handelt es sich um eine legale Kleinbergbauaktivität? ⓘ

☐ Ja

☒ Nein

231 Aktueller Technisierungs- und Mechanisierungsgrad der Bergbauarbeiten ?

☐ manuelle Tätigkeit

☐ geringe Mechanisierung

☐ hohe Mechanisierung

☐ komplette Mechanisierung

232 Welche Rohstoffart wird gefördert ?

☐ metallische Rohstoffe oder nicht metallische Rohstoffe

☐ Energierohstoffe oder Baurohstoffe

235 Ausbildungsniveau der beschäftigten Bergleute ?

☐ ohne Berufsausbildung

☐ formale Berufsausbildung

☐ Berufsausbildung / Fachkräfte

☐ Berufsausbildung / Fachkräfte / Führungskräfte

Abbildung 72: Definition Kleinbergbauaktivitäten

Darauf folgen Fragen zur Definition des *Entwicklungsgrads* und der *politischen Situation im Kleinbergbauland* (Abbildung 73).

18 Definition Kleinbergbauland

236 Welchem Entwicklungsgrad entspricht das Kleinbergbauland ?

☒ Entwicklungsland

☐ Schwellenland

☐ Industrieland

237 Welche Regierungsform herrscht im Kleinbergbauland ?

☐ Demokratie

☐ sozialistische / kommunistische Staatsform

☐ autoritäre Staatsform

☐ Übergangsregierung ⓘ

Abbildung 73: Definition Kleinbergbauland

Hat der Anwender die Fragen zur Kleinbergbaulagerstätte sowie zum Kleinbergbauland erfolgreich beantwortet wird im Diagnosepanel jeweils die Information angezeigt, dass sich sowohl die Lagerstätte als auch

das ausgewählte Land für dieses Expertensystem eignen. Erscheint im Diagnosepanel die Aussage dass das Expertensystem ungeeignet ist, entspricht die Lagerstätte oder das Land entweder nicht den allgemeinen Definitionskriterien des Kleinbergbaubaus, oder die spezifischen Anforderungen an dieses Expertensystem sind nicht erfüllt.

Alle weiteren Fragen der Diagnosefunktion beziehen sich auf die Themen die in Kapitel 3 unter Gliederungspunkt 3.2.3 als die wichtigsten Schwerpunkte von Problemsituationen (Teufelskreisen) im Kleinbergbau in Verbindung mit vorhandenen Lösungsmöglichkeiten identifiziert wurden. Der Prototyp dieses Expertensystems beinhaltet zunächst nur die Programmierung dieser vier Schwerpunkte:

- rechtliche Rahmenbedingungen,
- Finanzierungshilfen und Projektentwicklung,
- Monitoring, Kontrolle und Transparenz,
- Bildung.

Der Schwerpunkt Recht (rechtliche Rahmenbedingungen) wurde in diesem Zusammenhang als besonders wichtig bewertet und wird aus diesem Grund zuerst abgefragt. Die ersten Fragen zielen darauf ab herauszufinden ob es im ausgewählten Kleinbergbauland ein *Bergbaugesetz* gibt bzw. ob die einschlägigen *Bergbaurichtlinien des Völkerrechts* angenommen wurden. Es folgen speziellere Fragen zur Existenz eines *Kleinbergbaugesetzes* und dessen Inhalten. Im Anschluss wird abgefragt ob ein *Betriebsplan* und ein *Umweltkonzept* als Voraussetzungen für die Aufnahme von Kleinbergbauaktivitäten vorgelegt werden müssen. Abbildung 74 zeigt einen Ausschnitt zu der beschriebenen Fragereihenfolge.

Werden alle Fragen vom Anwender positiv beantwortet schließt sich direkt die Abfrage zum nächsten Schwerpunkt an. Beantwortet der Anwender eine Frage negativ oder unvollständig bricht die Diagnosefunktion an dieser Stelle ab und es werden passende Projektideen mit weiteren Erklärungen angezeigt. Der Anwender erhält die Information, dass zunächst die angegebenen Projekte erfolgreich durchgeführt werden müssen um die Diagnosefunktion fortzuführen. Zu jeder Projektidee sind die Akteure angegeben, die zur Durchführung der Projekte in Frage kommen.

23 Bergbaugesetz - Kleinbergbau

262 Existiert im Bergbaugesetz ein gesonderter Abschnitt zum Kleinbergbausektor?

☐ Ja
☒ Nein

265 Existiert im Bergbaugesetz ein eigenständiges Kleinbergbaugesetz?

☒ Ja
☐ Nein

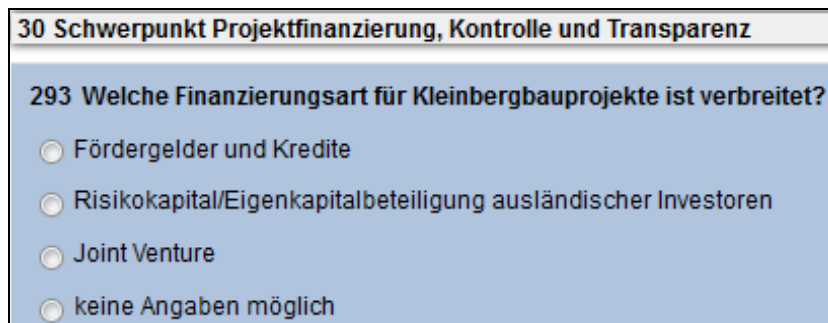
266 Welche der folgenden Punkte sind darin enthalten?(mehrere Antworten möglich)

- ☐ Definition Geltungsbereich (Rohstoffart, Produktionsmenge, Lagerstättenart etc.)
- ☐ Erwerb der Bergbaulizenz
- ☐ Lizenzinhaber
- ☐ Lizenzgebiet
- ☐ Lizenzzeitraum
- ☐ Lizenztransfer
- ☐ Lizenzverlust
- ☐ Größe des Lizenzgebietes
- ☐ Organisationsform der Kleinbergleute
- ☐ Vorschriften zum Arbeitsschutz
- ☐ Vorschriften zu Sprengarbeiten
- ☐ Vorschriften zum Abbau
- ☐ Vorschriften zur Aufbereitung
- ☐ Vorschriften zu Handel und Verkauf
- ☐ Zuständigkeit für Kontrollen und Strafen

Abbildung 74: Abfrage zum Schwerpunkt Recht

Die beiden Schwerpunkte Finanzierungshilfen und Projektentwicklung sowie Monitoring, Kontrolle und Transparenz wurden im Expertensystem unter der Bezeichnung Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz zu einem Punkt zusammengefasst. Als zentrale Frage dieses Schwerpunktes muss der Anwender die Frage nach der am häufigsten verbreiteten *Finanzierungsart* im Kleinbergbauland beantworten (Abbildung 75). Je nach Antwort folgen Fragen zum vorhandenen System zur *Kontrolle und Transparenz* der ausgewählten Finanzierungsart.

Beantwortet der Anwender alle Fragen positiv schließt sich direkt die Abfrage zum nächsten Schwerpunkt an. Beantwortet der Anwender eine Frage negativ oder unvollständig bricht die Diagnosefunktion an dieser Stelle ab und es werden passende Projektideen mit weiteren Erklärungen angezeigt. Der Anwender erhält die Information, dass zunächst die angegebenen Projekte erfolgreich durchgeführt werden müssen um die Diagnosefunktion weiterzuführen. Zu jeder Projektidee sind die Akteure angegeben, die zur Durchführung der Projekte in Frage kommen.



The screenshot shows a survey window with a title bar and a list of radio button options. The title bar text is '30 Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz'. The question text is '293 Welche Finanzierungsart für Kleinbergbauprojekte ist verbreitet?'. The options are: 'Fördergelder und Kredite', 'Risikokapital/Eigenkapitalbeteiligung ausländischer Investoren', 'Joint Venture', and 'keine Angaben möglich'.

30 Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz	
293 Welche Finanzierungsart für Kleinbergbauprojekte ist verbreitet?	
<input type="radio"/>	Fördergelder und Kredite
<input type="radio"/>	Risikokapital/Eigenkapitalbeteiligung ausländischer Investoren
<input type="radio"/>	Joint Venture
<input type="radio"/>	keine Angaben möglich

Abbildung 75: Abfrage zum Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz

Es schließt sich die Abfrage zum Schwerpunkt Bildung an (Abbildung 76). Darin wird nach der Existenz von *Ausbildungsmöglichkeiten im Bergbau* gefragt. Es folgen Fragen zur *Verwaltungsstruktur der Bildungseinrichtungen*, zur *Ausbildung von Lehrkräften*, zur *Existenz von aktuellen Curricula* sowie zur *Substanz und Ausstattung von Bildungseinrichtungen*.

Werden alle Fragen vom Anwender positiv beantwortet endet die aktuell programmierte Version der Diagnosefunktion des prototypischen Expertensystems. Beantwortet der Anwender eine Frage negativ oder unvollständig bricht die Diagnosefunktion an dieser Stelle ab und es werden passende Projektideen mit weiteren Erklärungen angezeigt. Der Anwender erhält die Information, dass zunächst die angegebenen Projekte erfolgreich durchgeführt werden müssen um die Diagnosefunktion weiterzuführen. Zu jeder Projektidee sind die Akteure angegeben, die zur Durchführung der Projekte in Frage kommen.

32 Schwerpunkt Bildung
<p>309 Existiert ein nationales Ausbildungssystem im Fachbereich Bergbau?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nein</p>
<p>310 Welche der folgenden Ausbildungsmöglichkeiten gibt es im Bergbau? (mehrere Antworten möglich)</p> <p><input type="checkbox"/> Berufsausbildung (Elektriker, Schlosser, Mechaniker etc.)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fachschulausbildung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Universitätsausbildung</p>
<p>311 weiter</p> <p><input checked="" type="radio"/> weiter</p>
33 Hochschulverwaltung
<p>319 Existiert eine Hochschulverwaltung für Fachhochschul- und Universitätsverwaltung?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nein</p>
<p>320 Welche der folgenden Aufgaben nimmt diese Verwaltung wahr? (mehrere Antworten möglich)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Koordination von Zulassungsverfahren</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Qualitätssicherung der Ausbildung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Organisation der Finanzverwaltung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Hoheit über Personalentwicklung der Bildungseinrichtungen</p> <p><input type="checkbox"/> Schaffung von Wohnraum für Studenten und Studentenleben</p> <p><input type="checkbox"/> Unterstützung der Mobilität von Studenten und Lehrenden</p> <p><input type="checkbox"/> Organisation von Austauschprogrammen</p>
<p>321 weiter</p> <p><input checked="" type="radio"/> weiter</p>
34 Ausbildung
<p>325 Gibt es aktuelle Lehrpläne für die Bergbauausbildung?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nein</p>
<p>326 Haben die Lehrer und Dozenten Ausbildungsmöglichkeiten vor Ort?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ja</p> <p><input type="radio"/> Nein</p>

Abbildung 76: Abfrage zum Schwerpunkt Bildung

Kapitel 5 Praktische Anwendungsbeispiele

5.1 Untersuchung auf Anwendbarkeit von Funktion III des Expertensystems

Im folgenden Abschnitt wird die *Diagnosefunktion (Funktion III)* des Expertensystems auf ihre allgemeine Anwendbarkeit überprüft. Dazu wird simuliert wie ein Anwender die Fragen des Expertensystems, die im Interviewstil gestellt werden, beantwortet. Das Hintergrundwissen des Anwenders besteht einerseits darin ein Kleinbergbauland zu kennen zu dem konkrete Projektideen gebraucht werden und andererseits darin zur allgemeinen Situation des Kleinbergbaus in diesem Land informiert zu sein. Im Fall dass der Anwender kein Vorwissen zum Thema Kleinbergbau und speziellen Kleinbergbauländer besitzt ist die Erarbeitung dieser Informationen unter Verwendung der *Funktion I* des Expertensystems eine wichtige Voraussetzung. Es werden bei dieser Anwendbarkeitsuntersuchung die zwei repräsentativen Kleinbergbauländer Zentralafrikanische Republik und Ghana herangezogen. Neben den Antworten des Anwenders werden ebenfalls die Ergebnisse die das Expertensystem daraus generiert angezeigt.

5.2 Anwendungsbeispiel 1: Kleinbergbauland Zentralafrikanische Republik

Der Anwender der *Funktion III* des Expertensystems hat sich für das Kleinbergbauland Zentralafrikanische Republik entschieden. Ziel ist es nach konkreten Projektideen zu suchen um im Kleinbergbau in der Zentralafrikanischen Republik aktiv zu werden. Dazu müssen zuerst die Fragen zur Definition der Kleinbergbauaktivität beantwortet werden. In Abbildung 77a hat der Anwender die Antworten ausgewählt, die allgemeingültig auf Kleinbergbauaktivitäten von Edel- oder Halbedelsteinen in der Zentralafrikanischen Republik zutreffen, aber die ebenfalls auch für die Verhältnisse einer einzelnen Lagerstätte im Land Gültigkeit haben. Das aus den Antworten resultierende Ergebnis wird im Diagnosepanel (Abb. 77b) angezeigt. Demnach entspricht die ausgewählte Kleinbergbauaktivität den Kriterien des Kleinbergbaus.



17 Definition Kleinbergbauaktivitäten		a
230	Handelt es sich um eine legale Kleinbergbauaktivität? 	
	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein	
231	Aktueller Technisierungs- und Mechanisierungsgrad der Bergbauarbeiten ?	
	<input type="radio"/> manuelle Tätigkeit <input checked="" type="radio"/> geringe Mechanisierung <input type="radio"/> hohe Mechanisierung <input type="radio"/> komplette Mechanisierung	
232	Welche Rohstoffart wird gefördert ?	
	<input checked="" type="radio"/> metallische Rohstoffe oder nicht metallische Rohstoffe <input type="radio"/> Energierohstoffe oder Baurohstoffe	
233	Jährliche Förderungsmenge (Tonnen/Jahr) ?	
	<input checked="" type="radio"/> weniger als 100.000 t <input type="radio"/> 100.000 t und mehr	
235	Ausbildungsniveau der beschäftigten Bergleute ?	
	<input checked="" type="radio"/> ohne Berufsausbildung <input type="radio"/> formale Berufsausbildung <input type="radio"/> Berufsausbildung / Fachkräfte <input type="radio"/> Berufsausbildung / Fachkräfte / Führungskräfte	
<div> <div>Diagnosen:</div> <div>  <div> Teilergebnis 1: Lagerstätte entspricht Kriterien des Kleinbergbaus. </div> </div> </div>		b

Abbildung 77: Fragen zur Kleinbergbaulagerstätte und Informationen im Diagnosepanel

Als nächsten Schritt macht der Anwender Angaben zum Kleinbergbauland. Die Zentralafrikanische Republik gilt als Entwicklungsland und wird zurzeit durch eine Übergangsregierung regiert, die durch die internationale Gemeinschaft als vorläufige Regierung für die Zeit während der politischen Krise eingesetzt wurde. Abbildung 78a zeigt die Fragen mit den entsprechenden Antworten.

18 Definition Kleinbergbauland a

236 Welchem Entwicklungsgrad entspricht das Kleinbergbauland ?

☒ Entwicklungsland

☐ Schwellenland

☐ Industrieland

237 Welche Regierungsform herrscht im Kleinbergbauland ?

☐ Demokratie

☐ sozialistische / kommunistische Staatsform

☐ autoritäre Staatsform

☒ Übergangsregierung i

b

Diagnosen:

✓ **Teilergebnis 1:**
Lagerstätte entspricht Kriterien des Kleinbergbaus.

✗ Politische Lage im Kleinbergbauland ist zu instabil.
Expertensystem ist ungeeignet !

Abbildung 78: Fragen zum Bergbauland und Ausschlussinformation im Diagnosepanel

Im Diagnosepanel (Abb. 78b) kann der Anwender ablesen, dass an dieser Stelle das Kleinbergbauland Zentralafrikanische Republik aus Gründen der instabilen politischen Lage als ungeeignet für die Durchführung von Kleinbergbauprojekten eingestuft wird. Unter anderem kann die Sicherheit der Projektmitarbeiter nicht gewährleistet werden und es gibt keine Garantie dafür, dass ein Projekt bis zu Ende erfolgreich durchgeführt werden kann.

5.3 Anwendungsbeispiel 2: Kleinbergbauland Ghana

Im zweiten Anwendungsbeispiel hat sich der Anwender für das Kleinbergbauland Ghana entschieden und fragt das Expertensystem hinsichtlich der Durchführung von möglichen Projekten ab. Abbildung 79a zeigt die beantworteten Fragen zur Definition der ausgewählten Kleinbergbaulagerstätte sowie zum ausgewählten Kleinbergbauland. Der Anwender hat die Antworten ausgewählt, die allgemeingültig für Kleinbergbauaktivitäten auf Gold in Ghana zutreffen, aber die ebenfalls auch für die Verhältnisse einer einzelnen Lagerstätte im Land Gültigkeit besitzen. Das Diagnosepanel (Abb. 79b) zeigt an, dass die Beantwortung den Kriterien des Kleinbergbaus dieses Expertensystems entspricht und dass der Anwender mit der Beantwortung im System fortfahren kann.

17 Definition Kleinbergbauaktivitäten	a
<p>230 Handelt es sich um eine legale Kleinbergbauaktivität? i</p> <p><input type="radio"/> Ja</p> <p><input checked="" type="radio"/> Nein</p>	
<p>231 Aktueller Technisierungs- und Mechanisierungsgrad der Bergbauarbeiten ?</p> <p><input type="radio"/> manuelle Tätigkeit</p> <p><input checked="" type="radio"/> geringe Mechanisierung</p> <p><input type="radio"/> hohe Mechanisierung</p> <p><input type="radio"/> komplette Mechanisierung</p>	
<p>232 Welche Rohstoffart wird gefördert ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> metallische Rohstoffe oder nicht metallische Rohstoffe</p> <p><input type="radio"/> Energierohstoffe oder Baurohstoffe</p>	
<p>233 Jährliche Förderungsmenge (Tonnen/Jahr) ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> weniger als 100.000 t</p> <p><input type="radio"/> 100.000 t und mehr</p>	
<p>235 Ausbildungsniveau der beschäftigten Bergleute ?</p> <p><input type="radio"/> ohne Berufsausbildung</p> <p><input checked="" type="radio"/> formale Berufsausbildung</p> <p><input type="radio"/> Berufsausbildung / Fachkräfte</p> <p><input type="radio"/> Berufsausbildung / Fachkräfte / Führungskräfte</p>	
18 Definition Kleinbergbauland	
<p>236 Welchem Entwicklungsgrad entspricht das Kleinbergbauland ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Entwicklungsland</p> <p><input type="radio"/> Schwellenland</p> <p><input type="radio"/> Industrieland</p>	
<p>237 Welche Regierungsform herrscht im Kleinbergbauland ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Demokratie</p> <p><input type="radio"/> sozialistische / kommunistische Staatsform</p> <p><input type="radio"/> autoritäre Staatsform</p> <p><input type="radio"/> Übergangsregierung i</p>	<div style="background-color: #4f6078; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> Diagnosen: </div> <div style="background-color: #4f6078; color: white; padding: 10px;"> <div style="text-align: right; font-weight: bold; margin-bottom: 10px;">b</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="color: green; font-size: 2em; margin-right: 10px;">✓</div> <div> Teilergebnis 1: Lagerstätte entspricht Kriterien des Kleinbergbaus. </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="color: green; font-size: 2em; margin-right: 10px;">✓</div> <div> Teilergebnis 2: Ausgewähltes Land entspricht den Kriterien des Kleinbergbaus. </div> </div> </div>

Abbildung 79: Fragen zur Kleinbergbaulagerstätte und dem Kleinbergbauland mit Diagnosepanel

Es schließen sich direkt die Fragen zum Schwerpunkt Recht an. In Abbildung 80a sind die Antworten des Anwenders zu den Fragen über Bergbaugesetz, Kleinbergbaugesetz, Betriebsplan und Umweltkonzept dargestellt. Im ghanaischen Bergbaugesetz gibt es einen separaten und ausführlichen Abschnitt zum Kleinbergbau. Im Zuge der Beantragung einer Kleinbergbaulizenz muss ein Betriebsplan und ein Umweltkonzept den Behörden vorgelegt werden.

Am Ende diese Fragereihe gibt das Diagnosepanel (Abb. 80b) die Auskunft, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen im Kleinbergbau in Ghana bereits sehr gut entwickelt sind und das die Durchführung von Projekten zu diesem Schwerpunkt nicht notwendig ist.


23 Bergbaugesetz - Kleinbergbau	a
262 Existiert im Bergbaugesetz ein gesonderter Abschnitt zum Kleinbergbausektor?	
<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein	
265 Existiert im Bergbaugesetz ein eigenständiges Kleinbergbaugesetz?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
266 Welche der folgenden Punkte sind darin enthalten?(mehrere Antworten möglich)	
<input type="checkbox"/> Definition Geltungsbereich (Rohstoffart, Produktionsmenge, Lagerstättenart etc.) <input type="checkbox"/> Erwerb der Bergbaulizenz <input checked="" type="checkbox"/> Lizenzinhaber <input type="checkbox"/> Lizenzgebiet <input checked="" type="checkbox"/> Lizenzzeitraum <input checked="" type="checkbox"/> Lizenztransfer <input checked="" type="checkbox"/> Lizenzverlust <input type="checkbox"/> Größe des Lizenzgebietes <input type="checkbox"/> Organisationsform der Kleinbergleute <input type="checkbox"/> Vorschriften zum Arbeitsschutz <input checked="" type="checkbox"/> Vorschriften zu Sprengarbeiten <input type="checkbox"/> Vorschriften zum Abbau <input checked="" type="checkbox"/> Vorschriften zur Aufbereitung <input checked="" type="checkbox"/> Vorschriften zu Handel und Verkauf <input checked="" type="checkbox"/> Zuständigkeit für Kontrollen und Strafen	
24 Betriebsplan	
273 Muss ein Betriebsplan für die Aufnahme von Kleinbergbauaktivitäten vorgelegt werden ?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
25 Umweltkonzept	
277 Muss ein Umweltkonzept für die Aufnahme von Kleinbergbauaktivitäten vorgelegt werden?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
<div> Diagnosen: <div>b</div> <div>  Ergebnis Schwerpunkt Recht: keine Durchführung von Projekten im Bereich Kleinbergbaurecht notwendig </div> </div>	

Abbildung 80: Fragen zum Schwerpunkt Recht mit Diagnosepanel

Automatisch wird der Anwender weiter zum Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz geleitet. Die dazugehörigen Fragen nach der verbreiteten Finanzierungsart und der dafür zuständigen Kontrollinstanz hat der Anwender wie in Abbildung 81a veranschaulicht, beantwortet. In Ghana ist es im Kleinbergbausektor verbreitet sich als ausländischer Investor an einer Lagerstätte zu beteiligen. Durch regionale Kleinbergbauverwaltungseinheiten wird dieses Geschäftsmodell kontrolliert.

Im Diagnosepanel (Abb. 81b) wird auf das generierte Ergebnis hingewiesen. Auch für diesen Schwerpunkt sind keine vorrangig durchzuführenden Projekte notwendig. Der Anwender kann an dieser Stelle eine andere Finanzierungsart auswählen oder mit der nächsten Abfragereihe fortfahren.

29 Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz
a

292 Welche Finanzierungsart für Kleinbergbauprojekte ist verbreitet?

☐ Fördergelder und Kredite
☒ Risikokapital/Eigenkapitalbeteiligung ausländischer Investoren
☐ Joint Venture
☐ keine Angaben möglich

30 Bergbauverwaltungseinheiten

304 Existieren Bergbauverwaltungseinheiten die in den Bergbaurevieren ständig präsent sind und diese Finanzierungsart von Kleinbergbauprojekten verwalten und kontrollieren?

☒ Ja
☐ Nein

Diagnosen:

Ergebnis Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz:
 keine Durchführung von Projekten notwendig

b

Abbildung 81: Fragen zum Schwerpunkt Projektfinanzierung, Kontrolle und Transparenz mit Diagnosepanel

Im Anschluss folgen die Fragen zum Schwerpunkt Bildung (Abb. 82a). In einem ersten Frageteil wird der Anwender zum existierenden Ausbildungssystem im Bereich Bergbau befragt. In Ghana gibt es sowohl eine klassische Berufsausbildung die für den Bergbausektor wichtig ist, als auch die Möglichkeit im Studiengang Bergbau an einer Universität ausgebildet zu werden. Der zweite Frageteil beinhaltet die Abfrage nach einer existierenden Hochschulverwaltung. Die ghanaischen Universitäten werden durch eine zentrale Hochschulverwaltung in Accra geleitet. Im dritten Teil gibt der Anwender an, dass die Bergbauausbildung auf aktuellen Lehrplänen basiert, die Lehrkräfte Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten vor Ort haben und die Infrastruktur der Ausbildungskomplexe entwickelt ist. Das Diagnosepanel (Abb. 82b) verdeutlicht das im Bereich Bildung allgemein keine akuten Defizite in Ghana bestehen.

32 Schwerpunkt Bildung	a
309 Existiert ein nationales Ausbildungssystem im Fachbereich Bergbau?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
310 Welche der folgenden Ausbildungsmöglichkeiten gibt es im Bergbau? (mehrere Antworten möglich)	
<input checked="" type="checkbox"/> Berufsausbildung (Elektriker, Schlosser, Mechaniker etc.) <input type="checkbox"/> Fachschulausbildung <input checked="" type="checkbox"/> Universitätsausbildung	
311 weiter	
<input checked="" type="radio"/> weiter	
33 Hochschulverwaltung	
319 Existiert eine Hochschulverwaltung für Fachhochschul- und Universitätsverwaltung?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
320 Welche der folgenden Aufgaben nimmt diese Verwaltung wahr? (mehrere Antworten möglich)	
<input checked="" type="checkbox"/> Koordination von Zulassungsverfahren <input checked="" type="checkbox"/> Qualitätssicherung der Ausbildung <input type="checkbox"/> Organisation der Finanzverwaltung <input checked="" type="checkbox"/> Hoheit über Personalentwicklung der Bildungseinrichtungen <input checked="" type="checkbox"/> Schaffung von Wohnraum für Studenten und Studentenleben <input type="checkbox"/> Unterstützung der Mobilität von Studenten und Lehrenden <input checked="" type="checkbox"/> Organisation von Austauschprogrammen	
321 weiter	
<input checked="" type="radio"/> weiter	
34 Ausbildung	
325 Gibt es aktuelle Lehrpläne für die Bergbauausbildung?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
326 Haben die Lehrer und Dozenten Ausbildungsmöglichkeiten vor Ort?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	
327 Gibt es geeignete Unterrichtsgebäude (Seminarräume, Bibliotheken, Labors, Computerpools etc.)?	
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	

b

Diagnosen:

Abschlussresultat:
keine Durchführung von Projekten notwendig

Abbildung 82: Fragen zum Schwerpunkt Bildung mit Diagnosepanel

Die Diagnosefunktion des Expertensystems endet in der aktuellen prototypischen Version an dieser Stelle. Eine Erweiterung der Funktion III auf andere Schwerpunkte des Kleinbergbausektors ist für eine zukünftige Version des Systems geplant.

Kapitel 6 Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick

6.1 Überprüfung der Zielstellung der Arbeit

Die Zielstellung der Arbeit ist die Erarbeitung methodischer Grundlagen und die Entwicklung eines computergestützten Expertensystems zur Unterstützung gezielter Handlungen zur Weiterentwicklung des Kleinbergbausektors. Vor diesem Hintergrund wurden die wichtigsten externen Einflussfaktoren im Kleinbergbau zusammengetragen und erläutert. Die daraus resultierenden Problemsituationen wurden aufgezeigt und dazugehörige Lösungsansätze entwickelt. Die Umsetzung dieser Zielstellung erfolgte durch die Programmierung eines Prototyps eines Expertensystems für die potenziellen Anwendergruppen:

- internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen und
- kleine und mittelständische privatwirtschaftliche Unternehmen (KMUs).

Als direkte Partner und somit weitere mögliche Anwender des Systems gelten staatliche Institutionen und privatwirtschaftliche Unternehmen in Kleinbergbauländern, sowie einheimische und ausländische Bildungs- und Forschungseinrichtungen.

Die Überprüfung ob die Zielstellung der Arbeit erreicht wurde, kann am effektivsten über eine Erläuterung zum entwickelten Expertensystem erfolgen. Das Expertensystem besteht aus drei Teilen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen. Unter *Funktion I* werden Informationen zum Kleinbergbau sowie zu konkreten Kleinbergbauländern ausgegeben. *Funktion II* beinhaltet die Darstellung wichtiger Problemsituationen des Kleinbergbaus mit dazugehörigen Lösungsmöglichkeiten in Form von Projekten. Innerhalb der *Funktion III* werden Diagnosen gekoppelt an Handlungsempfehlungen hinsichtlich einer bestimmten Kleinbergbauaktivität ausgegeben. Alle Informationen der drei beschriebenen Funktionen sind für beide Anwendergruppen relevant. In den *Funktionen II und III* ist darüber hinaus zu jeder Lösungsmöglichkeit der dazugehörige Initiator bzw. ausführender Akteur für die jeweiligen Projekte angegeben.

Die Gegenüberstellung der geplanten Zielstellung der vorliegenden Arbeit mit dem erarbeiteten Ergebnis ergibt eine eindeutige Übereinstimmung.

6.2 Zusammenfassende Diskussion

Die vorliegende Arbeit gibt einen allgemeinen und umfassenden Überblick zur Thematik des internationalen Kleinbergbaus in Kombination mit Handlungsempfehlungen zu konkreten Situationen im Kleinbergbausektor, sowie in spezifischen Kleinbergbauländern.

Wissenschaftler die im Zusammenhang mit der Thematik des Kleinbergbaus arbeiten verwenden am häufigsten das Mittel der empirischen Betrachtung um Kleinbergbauprobleme zu beschreiben und Lösungen zu erarbeiten. Die Wissenschaftstheorie der Empirie beruht auf Informationen, die im Labor oder an bestimmten Standorten im Feld gesammelt werden (Schubert, 2011). Die Phänomene bzw. Probleme des Kleinbergbaus werden vor diesem Hintergrund im jeweiligen Projektkontext eines speziellen Kleinbergbaulandes untersucht. Als Ergebnis können regional bzw. national begrenzte Kleinbergbausituationen detailliert dargestellt werden.

Mit dieser Arbeit wurde die Problematik des Kleinbergbaus im Unterschied dazu als allgemeingültiges Problem länderübergreifend dargestellt. Diese Herangehensweise zielt einerseits darauf ab das Thema ganzheitlich darzustellen. Andererseits sollen die positiven Besonderheiten die der Kleinbergbau in verschiedenen Ländern weltweit hat, als Weiterentwicklungsmöglichkeit für andere Länder aufgezeigt werden.

6.3 Schlussfolgerungen für weiteren Handlungsbedarf

6.3.1 Verfolgung der Entwicklung im internationalen Kleinbergbau

Die Situation des internationalen Kleinbergbaus ändert sich rasant und reagiert sensibel auf äußere Einflüsse. Durch kontinuierliche Recherchearbeit muss das Thema Kleinbergbau weiterhin beobachtet und analysiert werden, unter anderem im Kontext neuer Entwicklungsphänomene der einzelnen externen Einflussfaktoren Politik, Recht, Wirtschaft, Umwelt, Technik, Arbeitssicherheit und Soziales. Darüber hinaus sind die weiteren Projektentwicklungen der Akteure im Kleinbergbau für diesen Sektor zu verfolgen. In diesem Zusammenhang muss auch neuen Verordnungen, Richtlinien und Gesetzen der internationalen Gemeinschaft, sowie einzelner Staaten hinsichtlich der Thematik des Kleinbergbaus nachgegangen werden. Weitere Reisen in andere Kleinbergbauländer müssen durchgeführt werden um bereits erfasste Erkenntnisse zu bestätigen, auszubauen sowie neue Entwicklungstendenzen dieses Sektors zu erkennen.

6.3.2 Aktualisierung und Vervollkommnung der Datensammlung und der Expertensystemsoftware

Um den Prototyp des Expertensystems auf lange Zeit erfolgreich anwenden zu können, müssen die Informationen der Datenbank kontinuierlich auf Aktualität und Vollständigkeit überprüft werden. Ein Großteil

der Angaben aus dem Teil der Kleinbergbauländerinformationen ändert sich ständig und bedarf einer besonders intensiven Datenpflege.

Der im Zuge dieser Arbeit entwickelte Prototyp eines Expertensystems zum Thema Kleinbergbau muss fortlaufend erweitert werden. Momentan sind in der Datenbank Informationen zu 4 ausgewählten Kleinbergbauländern aus Südamerika, Afrika und Asien hinterlegt. Zu weiteren 18 Ländern in Südamerika, 43 Ländern in Afrika und 14 in Asien müssen Informationen nach den bereits unterteilten Kategorien unter *Funktion I – Teil 2* in die Datenbank eingepflegt werden. In *Funktion II* des Expertensystems wurden eine Reihe von Problemsituationen dargestellt und entsprechende Lösungsmöglichkeiten in Form von Projektideen zugeordnet. Auch an dieser Stelle sollte die Datenbank erweitert werden. Die Listen der Lösungsmöglichkeiten mit konkreten Projektideen zu den einzelnen Problemsituationen sind gegebenenfalls zu ergänzen und zu vervollständigen. Gleichmaßen müssen neue Problemsituationen mit entsprechenden Lösungsmöglichkeiten und Projektideen ergänzt werden. Die *Funktion III* des Systems muss ebenfalls weitentwickelt werden. Die aktuelle Version beinhaltet zur Veranschaulichung der Funktionalität bisher nur vier Schwerpunkte für die Diagnose notwendiger Projekte im Kleinbergbaubau. Weitere Schwerpunkte in Form einer Fragereihenfolge sind zu erarbeiten, zu programmieren und in den Zusammenhang mit neuen Projektideen zu stellen.

Zu prüfen ist darüber hinaus, ob *d3web* weiterhin als open-source Software genutzt werden kann. Weiterhin sind die Möglichkeit und die Rahmenbedingungen des Erwerbs einer Nutzungslizenz für eine Kommerzialisierung des Expertensystems zu evaluieren.

Die Aktualisierung der Software *d3web* an sich muss ebenfalls berücksichtigt werden. Die Softwareentwickler führen fortlaufend neue Projekte zu erweiterten Anwendungen des Programmes durch. Die Datenverarbeitung und die Darstellungsmöglichkeiten von *d3web* werden kontinuierlich hinsichtlich Anwenderfreundlichkeit und Funktionalität erweitert. Es ist daher unabdingbar sich in gewissen Abständen mit den Softwareentwicklern in Verbindung zu setzen.

Eine interessante aktuelle und erweiterte Nutzungsoption von *d3web* stellt in diesem Zusammenhang die IT-Mobilität (IT-Mobility) dar. Diese Funktion ermöglicht Programme, wie das entwickelte Expertensystem, auf Smartphones und Tabletcomputern jederzeit und an jedem Ort zu verwenden. Analysten eines der bekanntesten Marktforschungsinstitute der IT-Branche, *Gartner.Inc* sehen die Entwicklung der IT-Mobilität als eines der top Technologiethemen sowohl von heute als auch in der Zukunft. Als besondere Vorteile werden unter anderem Folgende genannt (Olding, 2012):

- Verfügbarkeit kontextbezogener Informationen zum Entscheidungs- bzw. Aktionszeitpunkt,
- Nutzung von Momentaufnahmen um Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten (Fotos, Videos, GPS-Daten etc.),

- bessere Erkennung von möglichen sinnvollen Verbindungen bzw. Schnittstellen,
- Verwendung von mobilen Geräten zur computergestützten Erweiterung der Realitätswahrnehmung.

Mit der Anwendung *Droid3web* können mit der Software *d3web* entwickelte Wissensbasen auf dem mobilen Gerät benutzt werden. Es kann dann einfach über die auf dem Telefon gespeicherte Wissensbasis ausgewählt und gestartet werden. Auch Verlinkungen zu Bildern, Dokumenten und Internetseiten können dargestellt werden. Momentan muss auf dem mobilen Gerät das Betriebssystem *Android* installiert sein damit ein in *d3web* entwickeltes Expertensystem verwendet werden kann. Eine neue erweiterte Version von *Droid3web* ist derzeit in Entwicklung (Furth, 2010). Für das entwickelte Expertensystem hat die Anwendung auf einem mobilen Gerät den Vorteil, dass es direkt vom Anwender zu jeder Zeit bei Projektabsprachen benutzt werden kann und auch bei Befahrungen von Kleinbergbaulagerstätten einsatzbereit ist. Dabei kann aktiv die Datenbasis ergänzt und erweitert werden (z.B. Fotos, Videos, Interviews, GPS-Daten).

6.3.3 Anpassung durch Anwendergruppen

Eine Anpassung des Expertensystems muss neben der allgemeinen Aktualisierung ebenfalls spezifisch durch die jeweilige Anwendergruppe gewährleistet sein. Dies wird in erster Linie in Abhängigkeit des Nutzungshintergrunds der Anwender durchgeführt.

Die *Funktion I - Teil 1 und 2* des Expertensystems kann von Förder- und Finanzierungsorganisationen sowie von KMUs gleich stark genutzt werden. Das Interesse Informationen zum Kleinbergbausektor und zu spezifischen Kleinbergbauländern zu erhalten, ist als Vorbereitung bei der Suche nach einem geeigneten Land für eine Projektdurchführung eine gute allgemeine Vorbereitung.

Aufgrund der unterschiedlichen Stellung der beiden Gruppen bei der Projektdurchführung im internationalen Kleinbergbau ergeben sich aber folgende unterschiedliche Anpassungsstrategien für die anderen Funktionen im Expertensystem.

Internationale Förder- und Finanzierungsorganisationen sind in der Regel die Initiatoren von Kleinbergbauprojekten. Ihre Aufgabe ist es unter anderem sich ein spezifisches Kleinbergbauland aus einer bestimmten Förderregion herauszusuchen, mit den verantwortlichen Parteien vor Ort Kontakte zu knüpfen und einen geeigneten thematischen Projektansatz zu generieren. Vor diesem Hintergrund sollten sie ein besonderes Interesse verfolgen die *Funktion III* des Expertensystems auszubauen. Bei dieser Diagnosefunktion werden dem Anwender verschiedene Fragen zu einem Kleinbergbauland bzw. zu einer Kleinbergbaulagerstätte gestellt und aus den Antworten abgeleitete Projektvorschläge als Teilergebnisse präsentiert.

Kleine und mittelständige privatwirtschaftliche Unternehmen haben ein Interesse als Durchführungsorganisationen bei Kleinbergbauprojekten mitzuwirken. Sie können ihre Spezialdienstleistungen oder Spezialprodukte als Lösungsmöglichkeiten von Problemsituationen im Kleinbergbau anbieten. Aus diesem Grund sollten sie besonders daran interessiert sein, die *Funktion II* des Systems weiterzuentwickeln und in diesem Zusammenhang ihr Leistungsportfolio bei möglichst vielen Lösungsmöglichkeiten anzubieten.

Staatliche Institutionen und privatwirtschaftliche Unternehmen in Kleinbergbauländern haben ein verstärktes Interesse an der Nutzung der *Funktion II* und *III*. Sie kennen ihr Land und die Kleinbergbauproblematik, sind aber an gezielten Lösungsvorschlägen und Projektideen zur Verbesserung der Situation interessiert. Ein Ausbau der *Funktion II* hinsichtlich landesspezifischer Probleme im Kleinbergbausektor sollte daher als Anpassungsstrategie gewählt werden.

Eine spezifische Anpassung des Expertensystems durch die Anwendergruppen hat demnach zur Folge, dass eigenständige, maßgeschneiderte und den eigenen Nutzungsinteressen entsprechende Systeme als Weiterentwicklung des XPS dieser Arbeit entstehen.

Quellenverzeichnis

Alliance for Responsible Mining (2010):

FAIRMINED Gold, Online verfügbar unter: <http://www.communitymining.org/>, zuletzt geprüft am 05.02.2013.

Avila, Eduardo Chaparro (2003):

Small-scale mining: A New Entrepreneurial Approach, Natural Resources and Infrastructure Division, Vereinte Nationen - Cepal. Santiago, Chile. S. 15ff.

Awuah, I.F. Joe (2011):

Small-Scale Miners Combat Illegal Mining, In: MG Modern Ghana, 16.02.2011, Online verfügbar unter <http://www.modernghana.com/news/316639/1/small-scale-miners-combat-illegal-mining.html>, zuletzt geprüft am 22.01.2013.

Bailey, Marianne; Bernaudat, Ludovic (2010):

Global extent of mercury use in Artisanal and Small-Scale Gold Mining and why is it a problem?, Kooperationsprogramm zwischen United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) und United States Environmental Protection Agency.

Barbier, Edward (2011):

Den Fluch zum Segen machen, Auch arme Länder mit vielen Rohstoffen können sich entwickeln, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 30–34.

Barreto, Maria Laura (2011):

Legalization guide for artisanal and small scale mining (ASM), Materials Efficiency Research Group – MERG, ARM Series of Responsible Mining Nummer: 5. Ottawa.

BAuA - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2012):

Ratgeber zur Gefährdungsbeurteilung, Handbuch für Arbeitsschutzfachleute, 1. Aufl. Dortmund.

BAuA - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2013):

Gefährdungsbeurteilung, Online verfügbar unter: <http://www.gefaehrungsbeurteilung.de/de/einstieg/definition>, zuletzt geprüft am 15.03.2013.

Baumeister, Joachim (2012):

d3web. KnowWE, Lehrstuhl für Informatik VI der Universität Würzburg, Online verfügbar unter www.d3web.de/Wiki.jsp?page=KnowWE, zuletzt geprüft am 28.05.2013.

Beierle, Christoph; Kern-Isbener (2008):

Methoden wissensbasierter Systeme: Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. Vieweg-Teubner Verlag: Wiesbaden, 4. Verbesserte Auflage, 2008.

Belly, Volker (2013):

d3web. History, Herausgegeben von Lehrstuhl für Informatik VI der Universität Würzburg, Online verfügbar unter www.d3web.de/Wiki.jsp?page=History, zuletzt geprüft am 28.05.2013.

Benisch, Arthur (2002):

Definition und Beispiele zum informellen Sektor, Hauptseminararbeit, Norderstedt: Verlag für Akademische Texte.

Bermeo, Antonio; Kevin, De Souza; Shamsa, Diwani; Cristina, Echavarria; Graeme, Hancock; Karen, Hayes et al. (2010):

Small Stories, 12 stories about small-scale mining, Communities and Small Scale Mining (CASM).

BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (2012):

Entwicklungsland, Online verfügbar unter <http://www.bmz.de>, zuletzt geprüft am 05.02.2013.

bpb – Bundeszentrale für politische Bildung (2013):

Informationsmaterial Krieg und Frieden, Glossar Rohstoffe und Konflikte, Online verfügbar unter: <http://sicherheitspolitik.bpb.de/index.php?page=glossar-rohstoffe-und-konflikte>, zuletzt geprüft am 24.07.2013.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2010):

Coltan mit Zertifikat, BGR-Verfahren ermöglicht Herkunfts-Nachweis, In: Resource - Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2011-2014, S. 16–17.

Burri, Samuel; Wagner, Jonas (2004):

Regelbasierte Expertensysteme am Beispiel des Jassens, Wettbewerbsarbeit: Schweizer Jugend forscht, Bern, S.13-18.

CAMMA (Mines Ministries of the Americas) (2000):

Annex II American workshop on formalizing small-scale mining as a means of alleviating poverty, Caracas, Bolivarian Republic of Venezuela, Conclusions.

CAMMA (Mines Ministries of the Americas) (2012):

Background, Online verfügbar unter <http://www.camma.org/background.asp?lang=en>, zuletzt geprüft am 05.02.2013.

Carstens, Johanna; Garrett, Nicholas; Lintzer, Marie; Priester, Michael; Hentschel, Thomas (2009):

Strategies for transparency / EITI implementation, Basic considerations for the drafting of the strategies, Project-consult GmbH, Bad Viebel.

Cave, Shaleena; Fedorowicz, Liz; Green, Joy; Lehman, Jessi; Toms, Jarrett (2007):

Small-Scale Mining, Health and Safety Manual.

Charmet, Céline (2008):

Le salaire de la sueur, Les mines de saphire d'Illakaka, In: Minéraux & Fossiles - Le Mensuel des Passionnés Géosciences, Jg. 34, H. 375, S. 18 - 22.

Collins (2011):

English Dictionary, 11. Aufl. Glasgow: HarperCollins Publishers.

Davidson, Jeffrey (1998):

Building Partnership with artisanal miners, In: Mining Environmental Management, Jg. 1998, H. 2. S. 20 - 23.

Decrée, Sophie; De Putter, Thierry (2010):

Le secteur minier de la République démocratique du Congo à la croisée des chemins, Livre de résumés de colloque international "La quête des ressources en Afrique centrale -2", Geology for an Economic Sustainable Development (GECO), Mineral Resources in Central Africa (MIRECA).

Diamond Development Initiative (2011):

Project to Register Artisanal Diamond Mining Operators and to Track Diamond Production, Pro-

ject Presentation, Online verfügbar unter http://www.ddidrc.org/eng/presentation_eng.php, zuletzt geprüft am 20.02.2013.

Dittmann, Yvonne; Duschek, Sonja; Gorzalka, Christian et al. (2005):

Wettbewerb für Informations Manager, Community of Knowledge, Online verfügbar unter http://www.community-of-knowledge.de/fileadmin/user_upload/attachments/projektbericht_wettbewerb_fr_information_manager.pdf, zuletzt geprüft am 08.04.2013.

Duden (2013):

Die deutsche Rechtschreibung, Das umfassende Standardwerk auf der Grundlage der aktuellen amtlichen Regeln, 26. Aufl. Berlin: Dudenverlag.

Drebenstedt, Carsten; Patzold, V.; Gruhn, G (2008): Der Nassabbau: Erkundung, Gewinnung, Aufbereitung, Bewertung, Springer Verlag, Berlin.

Drebenstedt, Carsten; Niemann-Delius, Christian; Stoll Rolf-Dieter; Müllensiefen, Klaus (2009): Der Braunkohlentagebau: Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt, Springer Verlag, Berlin.

Drebenstedt, C. (2013): Bergbau in der Mongolei, Fachexkursion des Instituts für Bergbau und Spezialtiefbau 2012, Freiberg, S.74.

D'Souza, Kevin (2005):

Artisanal and Small Scale Mining in Africa - Part 2. In: African Mining - Revealing Africa's Mineral Wealth, Jg. 10, H. 4, S. 26–33.

Eads, Christopher; Mitchell, Paul; Paris, Francisco (2009):

Advancing the EITI in the Mining Sector, A consultation with stakeholders, Extractive Industries Transparency Initiative (EITI).

ECOWAS (Economic Community of West African States) (2009):

Sixty Second Ordinary Session of the Council of Ministers, Directive C/DIR.3/05/09 on the Harmonization of Guiding Principles in the Mining Sector, Abuja.

ECOWAS (Economic Community of West African States) (2012):

ECOWAS Member States, Online verfügbar unter <http://www.ecowas.int/>, zuletzt geprüft am 05.02.2013.

Eftimie, Adriana; Heller, Katherine; Strongman, John; Hinton, Jennifer; Lahiri-Dutt, Kuntala; Mutemeri, Nellie (2012):

Gender Dimensions of Artisanal and Small-Scale Mining, A Rapid Assessment Tool, Worldbank, Gender Action Plan.

Ellmies, R.; Claus, C. (2004):

Armutsbekämpfung durch Kleinbergbau - Schlussfolgerungen aus dem Extractive Industries Review, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), S. 2-12.

Enough Project Team; Grassroots Reconciliation Group (2009):

A comprehensive Approach to Congo's Conflict Minerals.

Ernsting, Bernd (1994):

Georgius Agricola Bergwelten 1494-1994, Essen, Edition Glückauf.

Exsys Corvid (2012):

Technology Overview, Online verfügbar unter www.exsys.com/PDF/ExsysCorvidTechOverview.pdf.

Furth, Sebastian (2010):

Droid3web-App, Lehrstuhl für Informatik VI der Universität Würzburg, Online verfügbar unter <http://www.d3web.de/Wiki.jsp?page=Droid3web-App>, zuletzt geprüft am 26.09.2013.

G8 Summit Heiligendamm (2007):

Growth and Responsibility in the World Economy, Summit Declaration (7 June 2007), Presse und Informationsamt der Bundesregierung, S.29-32.

Gabler Wirtschaftslexikon (2012):

Das Wissen der Experten, Schwellenländer, Online verfügbar unter <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/schwellenlaender.html>, zuletzt geprüft am 05.02.2013.

Gamarra Chilmaza, Frederico; Rivas, Manuel Reinoso (2009):

Lecciones del Trabajo de Incidencia en Políticas Públicas para la Minería de Pequena Escala, Casó Peru, Alliance for Responsible Mining (ARM).

Garcia, Sandra (2010):

Artisanal Gold Mining: Unglamorous Practices at High Prices, In: Mining.com. S. 36–38.

Giarratano, Joseph (2007):

CLIPS, User's Guide, Online verfügbar unter <http://clipsrules.sourceforge.net/documentation/v630/ug.pdf>, zuletzt geprüft am 19.05.2013.

Global Mining Equipment LLC (2012):

Online verfügbar unter <http://www.globalminingequipment.com/about-us.aspx>, zuletzt geprüft am 23.01.2013.

Gold Fever Prospecting (2012):

Online verfügbar unter <http://www.goldfeverprospecting.com/info.html>, zuletzt geprüft am 23.01.2013.

Gordon, Christine (2008):

Diamanten, Schätze aus dem Herzen der Erde, 1. Aufl, Köln: Fackelträger-Verlag.

Grießl, Elisabeth; Drebenstedt, Carsten (2013): Using an Expert System as a Management Tool to Identify Alternative Solutions That Support the Development of Artisanal and Small-Scale Mining, In: Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference, Dresden, Germany, 14th – 19th October 2013, Volume 2, S. 1382.

Guedron, Stephane; Grimaldi, Michel; Grimaldi, Catharine; Cossa, Daniel; Tisserand, Delphine; Charlet, Laurent (2011):

Amazonian former gold mined soils as a source of methylmercury: Evidence from a small scale watershed in French Guiana, In: Water Research, Jg. 45. S. 2659–2669.

Hagen, Deddo F. et al. (1995):

Kleinbergbau und seine Bedeutung, Vorträge der gemeinsamen Sitzungen der Fachausschüsse Lagerstätten und Rohstoffwirtschaft der GDMB vom Oktober 1993 in Mittersill und des Fachausschusses Rohstoffwirtschaft vom November 1994 in Berlin, Clausthal-Zellerfeld: GDMB-Informationsges, (Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute, 76), S. 9-29.

Harmon, Stuart (2013):

The Money Stone, Mit Justice Afekeh, Abdul Latif, Emmanuel Asamoah, Paula Ely, Ghana.

Hauser, Jörg A. (1991):

Bevölkerungs- und Umweltprobleme der Dritten Welt, 2. Band, Bern: Haupt (2).

Heemskerk, Marieke (2003):

Risk attitudes and mitigation among gold miners and others in the Surinam rainforest, In: Natural Resources Forum, H. 27, S. 267–278.

Hentschel, Thomas; Hruschka, Felix; Priester, Michael (2003):

Artisanal and Small-Scale Mining: Challenges and opportunities, London: IIED.

Hilson, Gavin (2002):

Land Use Competition in Developing Countries: Profiling the Struggles of Ghana's Galamsey Miners, In: Minerals & Energy, Jg. 17, H. Nr.3, S. 2–13.

Hinton, Jennifer (2011):

Recommendations for the Sustainable Artisanal Mining (SAM) Project in Mongolia, Swiss Development & Cooperation Agency (SDC).

Holdinghausen, Heike (2011):

Grundstoffe der Industriegesellschaft, Metalle sind für den technischen Fortschritt unentbehrlich, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 12–17.

Hruschka, Felix; Echavarría, Cristina (2011):

Rock-Solid Chances for Responsible Artisanal Mining, Alliance for Responsible Mining (ARM), ARM Series on Responsible Mining, Nummer: 3, Medellín.

Human Info NGO Library for Education and Development (2012):

Underground work in mines, Herausgegeben von UNESCO, Online verfügbar unter [**Hütz-Adams, Friedel \(2008\):**](http://www.greenstone.org/greenstone3/nzdl.jsessionid=BFFBC1A0327138717F68D02FEEA362EF?a=d&d=HASH01c4acdd824a3c2320efd807.25.np&c=edudev&sib=1&dt=&ec=&et=&p.a=b&p.s=ClassifierBrowse&p.sa=, zuletzt geprüft am 13.11.2012.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Der härteste Stoff der Welt, Globaler Diamantenhandel von der DR Kongo und Sierra Leone über Indien nach Deutschland, Herausgegeben von SÜDWIND e.V.

ILO International Labour Organization (21.06.1935):

Convention (No. 45) concerning the Employment of Women on Underground Work in Mines of all kinds, Convention No. 45, vom 21.05.1937.

ILO International Labour Organization (22.06.1995):

Convention (No.176) concerning Safety and Health in Mines Convention (No. 176) concerning Health and Safety in Mines, Convention No. 176, vom 22.06.1995.

ILO International Labour Organization (2004):

Action against Child Labour in Small-Scale Mining & Quarrying, A Thematic Evaluation, Genf.

ILO International Labour Organization (2006):

Minors out of Mining, Partnership for global action against child labour in small-scale mining, Genf.

ILO International Labour Organization (2010):

Acceleration action against child labour, Global Report under the follow-up to the ILO Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work 2010, Genf.

ILO International Labour Organisation (2013):

Mining and quarrying, Online verfügbar unter

<http://www.ilo.org/ipecc/areas/miningandquarrying/lang--en/index.htm>, zuletzt geprüft am 14.02.2013.

International Council on Mining and Metals (ICMM) (26.06.1973):

Convention (No.138) concerning Minimum Age for Admission to Employment, Convention No. 138, vom 19.06.1976.

International Council on Mining and Metals (ICMM) (2009):

Workshop on Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) and Mining Companies, 12-14 Mai 2009 Elmina, Ghana.

International Council on Mining and Metals (ICMM) (2012):

Trends in the mining and metal industry, Mining's Contribution to sustainable development, Oktober 2012, London, S. 2-12.

Irene, Knoke; Hütz-Adams, Friedel (2011):

Der Staat muss steuern, Arme Länder stehen unter Druck Konzernen günstige Bedingungen zu bieten, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 35-39.

Jaques, Eric; Orru, Jean-Francois; Pelon, Rémi (2005):

Mine artisanale, Développement durable: quelle place pour la mine artisanale? In: La Revue du BRGM pour une terre durable - géosciences, H. 1, S. 66-71.

Jennings, Norman (2000):

Small-Scale Gold Mining: Examples from Bolivia, Philippines & Zimbabwe, Herausgegeben von ILO International Labour Organization, Genf.

K+S Firmenwebseite (2013): Presse: Fotoalbum: 17-Tonnen-Diesellader im Grubenbetrieb, online verfügbar unter: <http://www.k-plus-s.com/de/fotoalbum/kalibergbau.html?i=5>, zuletzt geprüft am: 26.11.2013.

Kakar, Ramesh K.; Kishore, Naval; Tuli, Naresh (2005):

A Logical Framework Approach Towards Environment as Applicable to Small Scale Mining in Hilly Region - A Case Study of a Mine in Himachal Pradesh, In: Geological Aspects of Environment - Bulletin of the Indian Geologists' Association, H. 38, S. 27-38.

Kless, Sascha; Bernhard, Veldhues (2008):

Ausgewählte Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland 2005, Herausgegeben von Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Knoke, Irene; Hütz-Adams, Friedel (2013):

Der Staat muss steuern, Selbstverpflichtungen und Gesetze, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 38-39.

Kumar, Raj; Amaratunga, Dharshini (1994):

Government Policies towards small-scale mining, Economic and Legal Advisory Services, Commonwealth Secretariat, Marlborough House, Pall Mall, Resources Policy, Jg. 20, H. 1, S. 15-22.

Kümpel, Hans-Joachim (27.10.2011):

Beiträge zur Sicherung der Rohstoffversorgung Deutschlands durch die BGR. 6. Bergbaukolloquium, Veranstaltung vom 27.10.2011, Freiberg, Veranstalter: Institut für Bergbau und Spezialtiefbau.

Labonne, Béatrice (1996):

Artisanal mining: an economic stepping stone for women, In: Natural Resources Forum, Jg. 20, H. 2, S. 117–122.

Lamina Educativa (2000):

Minería en Bolivia, Producciones Nor Chichas, La Paz.

Lämmel, Uwe; Cleve, Jürgen (2008):

Künstliche Intelligenz. Hanser Verlag: München, 3. Auflage, 2008.

Leupolt, G.; Hocker, M. (2001):

„Befahrerhandbuch“ Streitschrift zu Arbeitsweisen der praktischen bergbaulichen Forschung, Grubenarchelogischen Gesellschaft.

Mariz da Veiga, Marcello (1994):

PhD-Thesis, A heuristic system for environmental risk assessment of mercury from gold mining operations, Betreut von John Dr. Meech, Vancouver, Kanada. The University of Columbia, Mining and Mineral Engineering.

McDivitt, James F.; Lock, Dennis (1993):

Small-Scale Mining, A guide to appropriate equipment, London: Intermediate Technology Publications Ltd.; Intermediate Technology Publications.

McMillen, G. (1995):

At the End of the Rainbow? Gold, Land and People in the Brazilian Amazon, Herausgegeben von Colombia University Press, New York.

Melcher, Frank; Buchholz, Peter; Vasters, Jürgen (2008):

Rohstoffe aus Handarbeit, Klein-und artisanaler Bergbau – wozu? Herausgegeben von scinexx Das Wissensmagazin.

Nierlein, Yvonne; Wannemacher, Ines; Gozalka, Christian (2005): Wettbewerb für Information Manager, Funktionsweise von Expertensystemen, S. 17-19.

Nötstaller, R.; Kambani, S. (1995):

Small-Scale Mining in the Context of Economic Development, In: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 140, H. 2, S. 115–119.

Nyame, Frank K. (2010):

Policy challenges on mercury use in Ghana's artisanal and small-scale mining sector, In: International Journal Environment and Pollution, Jg. 41, H. 3/4, S. 202–213.

Olding, Elise (2012):

Top Technology Predictions for 2013 and Beyond. Managing VP & Gartner Fellow, Stamford, S. 19-20.

Pape, Hansgeorg (1978):

Der Erzsammler, Eine Anleitung zum Sammeln und Erkennen von Erzen und ihren Mineralen, Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung.

Parliament of the Republic of Ghana (2006):

The Minerals and Mining Act. Fundstelle: Act 703.

Paz, Roberto Roca (2013):

The role of mining cooperatives in Bolivia's recent mining conflicts, In: Fraser Institute – Canadian Student Review, Winter 2013, S. 18-25.

Priester, Michael; Hentschel, Thomas; Benthin, Bernd (1993):

Tools for Mining, Techniques and Processes for Small Scale Mining, Braunschweig: Vieweg.

Priester, Michael (1997):

Der Beitrag der internationalen Technischen Zusammenarbeit zur Stimulierung nachhaltiger Bergbauaktivitäten in Afrika, In: Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil 1, Jg. 1996, H. 7/8. S. 653–664.

Priester, Michael (09.11.2010):

Technologische und Soziale Herausforderungen im internationalen Kleinbergbau, Chancen und Rahmenbedingungen für deutsche Projekte, Veranstaltung vom 09.11.2010, Freiberg, Veranstalter: Geokompetenzzentrum.

Priester, Michael; Trappeniers, Geert; Levin, Estelle; Carstens, Johanna; Mitchell, Harrison

(2010): Mechanisation of Alluvial Artisanal Diamond Mining, Barriers and Success Factors, Herausgegeben von Diamond Development Initiative (DDI).

Provisional National Defense Council P.N.D.C.I. (1989):

Small-Scale Gold Mining Law, Fundstelle: Act 218.

Puppe, Frank (1991):

Einführung in Expertensysteme, Studienreihe Informatik, 2. Auflage, Karlsruhe: Springer Verlag.

Puppe, Frank; Gappa, Ute; Poeck, Karstenk (1996):

Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme: Mit Anwendungen des Expertensystem-Shell-Baukastens D3. Springer-Verlag: Berlin und Heidelberg, 1996, S. 95ff.

Rebrik, Boris (1987):

Geologie und Bergbau in der Antike, 1. Aufl. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Reitt, Ulrich (2001):

Als Landwirte zu Bergleuten wurden, Museum Wustrow: Forschungsprojekt zur Kali und Steinsalzindustrie "Teutonia", In: Elbe-Jeetzel-Zeitung, 17.12.2001.

Reuther, Ernst-Ulrich (2010): Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus, Erster Band, 12. Auflage, VGE Verlag GmbH, Essen, S.11-36.

Saunders, Mark Dr.; Lewis, Philip; Thornhill, Adrian Dr. (1997):

Research Methods for Business Students. London: Pitman Publishing.

Schaffert, Sebastian; Bry, Francois; Baumeister, Joachim; Kiesel, Malte (2009):

Semantische Wikis, Ludwig-Maximilian-Universität München (LMU) - Institut für Informatik.

Scheyder, Ernest (2011):

RPT-As with gold, miners bullish on silver prices, Precious metal price moves, Unter Mitarbeit von Richard Chang, Reuters.

Schlager, Edda (2009):

Bergbau statt Landbau, Wie der Coltan-Boom Bauern zu Kumpeln macht, Herausgegeben von scinexx Das Wissensmagazin.

Schorn, Stefan et al. (2012):

Mineralienatlas, Silber aus der Neuen Welt, Online verfügbar unter <http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Mineralienportrait/Silber/Neue%20Welt>, zuletzt geprüft am 01.02.2013.

Schubert, Klaus; Klein, Martina (2011):

Das Politiklexikon, Herausgegeben von Bundeszentrale für politische Bildung, 5. Aktuelle, Auflage, Bonn: Dietz 2001.

SDC Swiss Agency for Development and Cooperation (2009):

Sustainable Artisanal Mining Project. Online verfügbar unter http://www.swiss-cooperation.admin.ch/mongolia/en/Home/Income_and_Employment/Sustainable_Artisanal_Mining, zuletzt geprüft am 17.01.2013.

SDC Swiss Agency for Development and Cooperation (2013):

Sustainable Artisanal Mining Project, Online verfügbar unter <http://www.sam.mn/>, zuletzt geprüft am 15.02.2013.

Seidel, Helmar (2008):

Wissensbasierte Diagnosesysteme, Diagnose 1. Veranstaltung vom 2008, Zwickau, Veranstalter: Skript zur Vorlesung Wissenbasierte Systeme an der Westsächsische Hochschule Zwickau (FH).

Sematumba, Onesphore (2011):

Wildwest im Ostkongo, Die neuen amerikanischen Transparenzvorschriften werden mehr schaden als nutzen, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 40–42.

Shicheng Hengcheng Mining Equipment Machinery Manufacturer Factory (2012):

Online verfügbar unter http://www.oreshaker.com/html_en/infolist-1.html, zuletzt geprüft am 23.01.2013.

Smillie, Ian (2011):

Assessment of the Kimberley Process in Enhancing formalization and Certification in the Diamond Industry - Problems and Opportunities, Herausgegeben von Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Sondermann, Dirk (2004):

Wattenscheider Sagenbuch, Essen: Pomp.

Spiegel, Samuel (2009):

Labour challenges and mercury management at gold mills in Zimbabwe: Examining production processes and proposals for change, In: Natural Resources Forum, Jg. 33, H. 3, S. 221–230.

Stewart, D.F. (1989):

Large-scale versus small-scale mining, Meeting the needs of developing countries, In: Natural Resources Forum, S. 44–51.

Strzodka, K.; Arnold, W.; Wolf, M.; Frohnert, J.; Meixner, H. (1979): Tagbautechnik, Band I, VEB Deutschland Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, S. 19-31.

Surget, C. (1992):

Realisation of an expert software prototyp on a small computer for the optimization of small scale mining, Unter Mitarbeit von Universidad Politecnica Madrid de Association Cesmat, Herausgegeben von CORDIS (Community Research and Development Information Service), Europäische Kommission.

Tu, JianJun (2010):

Industrial Organization of Chinese Coal Industry, The Program on Energy and Sustainable Development at Stanford University, USA, S. 8-9.

UNEP (United Nations Environment Programme) (2012):

A Practical Guide: Reducing Mercury in Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM), Nairobi.

University of Laval (Hg.) (2012d):

Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2012), Unter Mitarbeit von Ge Hao, Carmen Michaela Neculita und Maria Menegaki et al. Irvine: The Reading Matrix Inc.

Vanguard Software Cooperation (2009):

Vanguard Knowledge Automatic Systems, Online verfügbar unter www.vanguard.com/products/knowledge-automation-system/Vanguard-Knowledge-Automation.pdf, zuletzt geprüft am 17.05.2013.

Vasters, Jürgen (20.07.2011):

Lagerstätten und Technologien, Der elementare Produktionsfaktor der Bergbauindustrie "Lagerstätte" und seine technologische Bedeutung für Rohstoffverfügbarkeit, Veranstaltung vom 20.07.2011, Wolfsburg, Veranstalter: AutoUni.

Wagner, Markus; Franken, Gudrun; Melcher, Frank; Vasters, Jürgen; Westphal, Elke (2007):

Zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe, Projektstudie, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

Wall, Elizabeth; Pelon, Remi; Walser, Gotthard et al. (2010):

Working together, How large-scale mining can engage with small-scale miners, Unter Mitarbeit von Remi Pelon, Dafna Tapiero und Anne-Marie Fleury, Herausgegeben von The World Bank, Communities and Small Scale Mining (CASM); CommDev; International Council on Mining and Metals (ICMM).

Walle, Manfred; Jennings, Norman (2001):

Safety & Health in small-scale surface mines, A handbook. 1. Aufl. ILO International Labour Organisation, Genf.

Walle, Manfred (2007):

Safety & Health in small-scale underground mines, didactic material for the ASM sector, Module 1-4.

Willer, Hildegard (2011):

Gewinner der Finanzkrise, Perus Kupferschürfer verdienen gut am Gold - auf Kosten der Umwelt, In: Weltsichten - Magazin für Globale Entwicklung und Ökumenische Zusammenarbeit, H. 12, S. 26–29.

Wilsdorf, Helmut; Kahlert, Helmut (1987):

Montanwesen, Eine Kulturgeschichte, Ein illustrierter Streifzug durch Zeiten und Kontinente, Leipzig: Ed. Leipzig (Sammlung Kulturgeschichte).

World Bank (2013):

Key Topics in Mining: Small-Scale Mining. Online verfügbar unter <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTOGMC/0,,contentMDK:20246087~menuPK:509392~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:336930~isCURL:Y,00.html>, zuletzt geprüft am 29.09.2013.

Wotruba, Hermann; Hruschka, Felix; Hentschel, Thomas; Priester, Michael (2000):

Manejo ambiental en la pequeña minería, Lima, Perú: GAMA - COSUDE.

Zabel, Frank; Hempel, Tino (2000):

Expertensysteme, Seminar zur Didaktik der Informatik, Greifswald, Online verfügbar unter <http://www.tinohempel.de/info/info/sonstiges/expertensystem.pdf>, zuletzt geprüft am 08.04.2013.